# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 24 JANVIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOCHIMIE. — *Sur les localisations histochimiques de la phosphatase alcaline au niveau du poumon du Rat.* Note (*) de MM. **Albert Policard** et **André Fulleringer.**

La localisation histochimique de la phosphatase alcaline dans le poumon a été l'objet d'un certain nombre de recherches dont les résultats manquent jusqu'à présent de précision. Pour Takamatsu ([1]) une phosphatase alcaline est decelable seulement dans la couche conjonctive immédiatement sous jacente à l'épithélium bronchique et aux glandes bronchiques séreuses. L'épithélium bronchique et bronchiolaire et le revêtement alvéolaire n'en montrent pas à l'état normal. Pour Kabat et Furth ([2]), le revêtement alvéolaire en est dépourvu; par contre, l'épithélium bronchique et bronchiolaire offrent une réaction nette, dans les cellules et surtout au niveau de la membrane basale. Pour Gomori ([3]), chez le Lapin, une phosphatase alcaline peut être decelée en trois points : le revêtement alvéolaire, l'endothélium musculaire, certains éléments lymphocytaires. Chez l'Homme, la réaction est positive au niveau de certains alvéoles, de certains capillaires et de l'épithélium des bronches.

Nous avons appliqué la méthode classique de Gomori au poumon du Rat normal ou du Rat présentant des réactions alvéolaires consécutives à l'inhalation de poussières. Le contact des coupes et de la solution de glycérophosphate a été de 2 heures, à pH 9,4.

Les résultats suivants ont été observés, avec une grande régularité.

---

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Trans. Soc. path. japonicæ*, 29, 1939, p. 92; H. Takamatsu, T. Furuichi et Y. Motoike, *Trans. Soc. path. japonicæ*, 30, 1940, p. 120.

([2]) *Amer. J. of Pathol.*, 17, 1941, p. 303.

([3]) *Amer. J. of Pathol.*, 19, 1943, p. 202.

La réaction phosphatasique est positive dans deux points.

I. *Dans certaines grosses cellules du type monocyte* qui se trouvent accumulées dans certaines zones plus ou moins affaissées et congestionnées du poumon. Dans les zones normales et non affaissées du parenchyme pulmonaire, ces cellules peuvent s'observer mais très rarement. On observe aussi de telles cellules autour des artères, dans leurs gaines conjonctives.

Dans les parties des poumons montrant des réactions d'hyperplasie des revêtements alvéolaires, ces cellules sont nombreuses, avec une réaction phosphatasique accentuée.

La nature de ces cellules ne nous semble pas douteuse. Ce sont des cellules du revêtement alvéolaire hypertrophiées, ayant acquis le type actif bien connu de monocyte. Sous leur forme de repos, forme de lymphocyte ou de *petite cellule nucléée*, ces éléments sont dépourvus de toute activité phosphatasique. Le noyau et le cytoplasma donnent constamment une réaction négative. Par contre, quand ces cellules ont subi une hypertrophie réactionnelle, elles montrent une réaction positive au niveau du noyau d'abord, puis ensuite au niveau du cytoplasma. Cette dernière réaction est surtout accentuée à la périphérie de l'élément. On peut aussi assez souvent observer autour de la cellule une zone du milieu intercellulaire donnant une réaction positive, à limites diffuses.

II. *La réaction est presque constamment positive au niveau des épithéliums bronchiques et bronchiolaires*, en deux régions distinctes.

La base de l'épithélium, la région de la basale et la substance conjonctive immédiatement en contact avec les cellules montrent souvent une réaction positive quelquefois accentuée.

A l'opposé, la zone tout à fait apicale des cellules, la cuticule qui les recouvre et la bordure de cils vibratiles donnent une réaction le plus souvent positive. Quelquefois celle-ci est localisée aux seuls cils vibratiles qui apparaissent teints en noir. Il est permis du reste de se demander s'il s'agit bien d'une réaction phosphatasique vraie ou d'une coloration secondaire des cils par un des produits de la réaction de l'argent.

Cette réserve particulière faite, on peut constater que cette réaction positive des sommets cellulaires de la cuticule et de la région vibratile a beaucoup d'analogies avec celle montrée au niveau de l'épithélium intestinal et de l'épithélium des tubes urinaires.

L'interprétation histophysiologique de ces dernières constatations est assez malaisée. On ne saisit pas bien la raison d'une accumulation de phosphatase alcaline au niveau de la bordure ciliée des bronches et des bronchioles. Il y a là une lacune dans nos connaissances.

III. A ces résultats positifs, nos recherches ont ajouté des *constatations négatives*.

Contrairement à ce qu'ont signalé divers observateurs, nous n'avons jamais

constaté de réaction positive au niveau de l'endothélium des capillaires sanguins.

Mêmes résultats négatifs en ce qui concerne les polynucléaires neutrophiles rencontrés par-ci par-là au niveau des zones en état de réaction congestive et d'affaissement. Même absence de réaction des phosphatases alcalines au niveau des cellules à poussières : contrairement aux monocytes sans poussières, ceux de ces éléments ayant phagocyté des particules étrangères (particules de suie, par exemple) ne montrent pas de réaction positive.

IV. Un certain nombre d'éléments du tissu pulmonaire montrent une *réaction positive*, d'intensité très variable, *seulement au niveau de leurs noyaux, à l'exclusion de leur cytoplasma*. Il s'agit là, pensons-nous, d'un problème très particulier. Les phosphatases alcalines des noyaux sont en rapport avec le métabolisme des acides ribonucléiques. Il s'agit d'un processus spécial, distinct de celui des phosphatases cytoplasmiques et nécessitant une étude particulière.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau : 1° un Ouvrage de M. André Angot intitulé *Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications*, dont il a écrit la *Préface;* 2° un volume paru dans la collection des *Réunions d'études et de mises au point* tenues sous sa Présidence et intitulé *Les ondes électromagnétiques centimétriques*, par MM. André Angot, André Blanc-Lapierre, Robert Warnecke, Pierre Guénard, Mlle Colette Fauve, MM. Marc Jouguet, Jean Bernier, Raymond Cabessa, Georges Goudet, Jean Voge, Raymond Jouaust, Théo Kahan.

## DÉSIGNATIONS.

M. le Directeur du **Centre National de la Recherche scientifique** prie l'Académie de désigner trois de ses Membres qui feront partie du Jury des *Prix Jean-S. Barès*.

MM. **Albert Caquot**, **Albert Portevin** et **Pierre-Paul Grassé** sont désignés.

## CORRESPONDANCE.

M. **André Léauté** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Louis Lumière*.

M. **Henry Bloch** adresse des remercîments pour la distinction qui a été accordée aux travaux de son frère, M. **André Bloch**, décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Lyon pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques, par M. ANTOINE SAUNIER. *Contribution à l'étude des équilibres de solubilité et de vaporisation pouvant servir à la séparation naphtalène-phénols.*

2° Centre National de la Recherche scientifique. Carte de la végétation de la France. *Perpignan*, par M. HENRI GAUSSEN.

ALGÈBRE. — *Sur l'homologie et la cohomologie des algèbres de Lie.* Note (*) de M. **JEAN-LOUIS KOSZUL**, présentée par M. Élie Cartan.

1° *Nomenclature et notations.* — Soit $\mathfrak{a}$ une algèbre de Lie; on désigne encore par $\mathfrak{a}$ son espace vectoriel et par $\mathfrak{a}'$ l'espace dual. Les éléments de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a})$ sont appelés des *chaînes* de $\mathfrak{a}$ [des *p-chaînes* si ce sont des éléments du sous-espace $\bigwedge^p(\mathfrak{a})$ des $p$-vecteurs de $\mathfrak{a}$] ([1]). Les éléments de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ sont appelés des *cochaînes* de $\mathfrak{a}$ [des *p-cochaînes* s'ils sont dans $\bigwedge^p(\mathfrak{a}')$]. Il y a dualité entre les espaces des chaînes et des cochaînes.

Soit $\partial$ l'opérateur différentiel de $\bigwedge(\mathfrak{a})$ tel que

$$\partial.(x^1\wedge\ldots x^i\wedge\ldots x^j\wedge\ldots x^p)=\Sigma^{i<j}(-1)^{i+j+1}[x^i,x^j]\wedge x^1\wedge\ldots\hat{x}^i\wedge\ldots x^j\wedge\ldots x^p,$$

lorsque $x^1, \ldots, x^p\in\mathfrak{a}$ ([2]) et soit $\delta$ l'opérateur différentiel de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ transposé de $-\partial$. Un zéro de $\partial$ (resp. $\delta$) sera appelé un *cycle* (*cocycle*) de $\mathfrak{a}$. L'opérateur $\delta$ définit dans $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ une structure d'*algèbre différentielle graduée* dont l'algèbre de cohomologie $H(\mathfrak{a})$ est appelée *algèbre de cohomologie* de $\mathfrak{a}$ ([3]). Elle est graduée par les sous-espaces $H^p(\mathfrak{a})$ que constituent les classes de cohomologie des $p$-cycles.

On désigne par $\iota(u)$ l'endomorphisme de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ qui transforme une cochaîne $a$ en le produit intérieur $u \lrcorner a$. Son transposé est l'endomorphisme de $\bigwedge(\mathfrak{a})$ qui transforme une chaîne $v$ en $u\wedge v$. Lorsque $x\in\mathfrak{a}$, on désigne par $\theta_x$ l'endomorphisme $\iota(x)\delta+\delta\iota(x)$. C'est une dérivation de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a}')$; $x\to\theta_x$ est une représentation linéaire de $\mathfrak{a}$. Les endomorphismes transposés ${}^t\theta_x$ jouissent des mêmes propriétés.

Soit $\mathfrak{b}\subset\mathfrak{a}$ une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$. Une cochaîne (chaîne) de $\mathfrak{a}$ sera dite *invariante par* $\mathfrak{b}$ si c'est un zéro de tous les endomorphismes $\theta_x$ (${}^t\theta_x$)

---

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) Le corps de base est supposé de caractéristique $\neq 2$. Pour tout ce qui concerne les algèbres extérieures, on se reportera à l'*Algèbre multilinéaire* de N. Bourbaki (Paris, 1948) dont nous adoptons les notations.

([2]) Ces définitions sont équivalentes à celles de Chevalley et Eilenberg (*Trans. of Amer. Math. Soc.*, 1948, p. 85-124). Nous renvoyons à ce Mémoire pour tout ce qui concerne l'interprétation topologique des résultats dans le cas où $\mathfrak{a}$ est l'algèbre de Lie d'un groupe compact.

([3]) *Cf.* H. CARTAN, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 148-150.

où $x \in \mathfrak{b}$. Les chaînes ou cochaînes de $\mathfrak{a}$ invariantes par la sous-algèbre $\mathfrak{a} \subset \mathfrak{a}$ seront simplement qualifiées d'*invariantes*.

2° Soit $\varphi$ un homomorphisme d'une algèbre de Lie $\mathfrak{b}$ dans l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$. On désignera encore par $\varphi$ son prolongement ([1]) à l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{b})$; son transposé est une représentation ${}^t\varphi$ de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ dans $\bigwedge(\mathfrak{b}')$ qui vérifie la relation $\delta\,{}^t\varphi = {}^t\varphi\,\delta$ et induit donc une représentation ${}^t\bar{\varphi}$ de $H(\mathfrak{a})$ dans $H(\mathfrak{b})$. On démontre le

LEMME. — *Si $v$ est une p-chaîne de $\mathfrak{b}$ et u une chaîne de $\mathfrak{a}$ invariante par $\varphi.\mathfrak{b}$, alors*

$$\partial.[(\varphi.v)\wedge u] = (\partial\varphi.v)\wedge u + (-1)^p(\varphi.v)\wedge(\partial.u).$$

On en déduit que $\delta\iota(u) = (-1)^p\iota(u)\delta$ pour tout $p$-cycle invariant $u$ de $\bigwedge(\mathfrak{a})$. Soit $\bar{\iota}(u)$ l'endomorphisme de $H(\mathfrak{a})$ induit par $\iota(u)$; un élément $a \in H(\mathfrak{a})$ sera dit *primitif* si sa composante dans $H^0(\mathfrak{a})$ est 0 et si $\bar{\iota}(u).a \in H^0(\mathfrak{a})$ pour tout cycle invariant $u$ dont la composante dans $\bigwedge^0(\mathfrak{a})$ est nulle.

3° Un homomorphisme $\varphi$ de $\mathfrak{b}$ dans $\mathfrak{a}$ sera dit *réductif* si les endomorphismes $\theta_{\varphi.x}$ de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ constituent, lorsque $x$ parcourt $\mathfrak{b}$, une famille complètement réductible. Une algèbre de Lie $\mathfrak{a}$ sera dite *réductive* si l'isomorphisme identique de $\mathfrak{a}$ sur $\mathfrak{a}$ est réductif ([4]). Lorsque le corps de base est de caractéristique 0, les algèbres de Lie réductives sont simplement les produits directs d'algèbres semi-simples et d'algèbres abéliennes.

*Soit $\mathfrak{a}$ une algèbre de Lie réductive sur un corps de caractéristique* 0; *les composantes non nulles d'un élément primitif de* $H(\mathfrak{a})$ *sont de degré impair; l'isomorphisme identique du sous-espace* P *des éléments primitifs dans l'algèbre* $H(\mathfrak{a})$ *se prolonge en un isomorphisme de l'algèbre extérieure* $\bigwedge(P)$ *sur* $H(\mathfrak{a})$. Ceci constitue une extension à la cohomologie des algèbres de Lie du théorème de Hopf relatif à la cohomologie des groupes compacts ([5]); on peut en donner une démonstration algébrique qui repose sur le lemme de 2°.

4° Soit $\mathfrak{b}$ une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$ et soit $\varphi$ l'isomorphisme identique de $\mathfrak{b}$ dans $\mathfrak{a}$. L'idéal $\mathcal{B}^1$ des zéros de ${}^t\varphi$ est engendré par le sous-espace $R^1$ des 1-cochaînes de $\mathfrak{a}$ orthogonales à $\varphi.\mathfrak{b}$. La sous-algèbre extérieure $\bigwedge(R^1) \subset \bigwedge(\mathfrak{a}')$ qu'engendrent $R^1$ et $\bigwedge^0(\mathfrak{a}')$ est stable par les endomorphismes $\theta_{\varphi.x}$. Soit L la sous-algèbre des cochaînes de $\mathfrak{a}$ invariantes par $\mathfrak{b}$ et contenues dans $\bigwedge(R^1)$. C'est un sous-espace stable par $\delta$ qui y définit une structure d'algèbre différentielle graduée dont l'algèbre de cohomologie $H(\mathfrak{a};\mathfrak{b})$ est appelée *algèbre de cohomologie de* $\mathfrak{a}$ *relative* à la sous-algèbre $\mathfrak{b}$ ([2]). L'isomorphisme identique de L dans $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ induit une représentation ${}^t\tilde{\pi}$ de $H(\mathfrak{a};\mathfrak{b})$ dans $H(\mathfrak{a})$.

---

([4]) Si $\mathfrak{a}$ est l'algèbre de Lie d'un groupe compact, on déduit de l'existence d'un produit scalaire invariant sur $\mathfrak{a}$ que tout automorphisme dans $\mathfrak{a}$ est réductif.

([5]) *Cf.* H. HOPF, *Ann. of Math.*, **42**, 1941, 22-52 et CHEVALLEY EILENBERG [*loc. cit.* note ([2])].

THÉORÈME A. — *Si $\mathfrak{b}$ est une sous-algèbre d'une algèbre de Lie réductive $\mathfrak{a}$ sur un corps de caractéristique* o, *l'image de* $\overset{t}{\pi}$ *est une sous-algèbre de* $H(\mathfrak{a})$ *engendrée par l'unité et des éléments primitifs.*

Cette généralisation d'un théorème de Samelson [6] se démontre en remarquant que, en vertu du lemme, l'image de $\overset{t}{\pi}$ est stable par chaque endomorphisme $\bar{\iota}(u)$ associé à un cycle invariant $u$ de $\mathfrak{a}$. Or, avec les hypothèses du théorème, ces endomorphismes sont ceux que le produit intérieur définit dans $\bigwedge(P) = H(\mathfrak{a})$ et l'on démontre facilement qu'une sous-algèbre de $\bigwedge(P)$ stable par tous les produits intérieurs est engendrée par $\bigwedge^0(P)$ et un sous-espace de P.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des solutions du problème de représentation conforme de Helmholtz (cas des obstacles polygonaux).* Note [*] de M. **Roger Huron**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le plan $z = x + iy$, on considère la ligne polygonale $\mathcal{C}$ de sommets consécutifs $BP_1, \ldots, P_{n-1}C$ telle que

$$\overrightarrow{BP_1} = l_1 e^{i\theta_1}, \qquad \overrightarrow{P_{j-1}P_j} = l_j e^{i\theta_j}, \qquad \overrightarrow{P_{n-1}C} = l_n e^{i\theta_n}$$

[les $l_j$ et $\theta_j$ étant des nombres réels $0 \leq \theta_j \leq \pi$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$].

La ligne $\mathcal{C}$ est placée dans un canal indéfini à bords rectilignes et parallèles $\mu_1$ et $\mu_2$; on note $d_1(d_2)$ la distance de C(B) à $\mu_1(\mu_2)$; l'ensemble de $\mathcal{C}$, $\mu_1$ et $\mu_2$ constitue le squelette du problème de représentation conforme de Helmholtz relativement auquel nous nous posons le problème du sillage.

En utilisant les méthodes de M. J. Leray [1], M. J. Kravtchenko a établi l'existence d'au moins une solution [2] pour le problème en cause. Nous nous proposons ici de compléter ces résultats par une discussion d'unicité. A cet effet, nous adapterons à notre cas les raisonnements de M. Leray tels qu'ils sont présentés dans K1, Chapitre IV.

---

(6) *Ann. of Math.*, 42, 1941, p. 1091-1137; Satz V.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(1) J. Leray et J. Schauder, *Ann. de l'Éc. Norm. Sup.*, 51, 1934, p. 45; M. Leray a appliqué ses résultats à la discussion du problème du sillage et de la proue en fluide indéfini posés pour un obstacle tranchant lisse (*Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 250). Dans sa thèse, sur le problème de représentation conforme de Helmholtz (*Journ. de Math.*, 9e série, 20, 1941, p. 35-40), M. J. Kravtchenko a étendu ces résultats au cas d'un tel obstacle enfermé dans un canal à bords rectilignes $\mu_1$ et $\mu_2$. La référence à ce travail sera, dans la suite, notée K1.

(2) *Ann. de l'Éc. Norm. Sup.*, 63, 1945, p. 233-268. La référence à ce travail sera notée K2.

Reprenons les notations de M. Kravtchenko (*cf.* K2, p. 243); appelons $Z_j = e^{is_j}$ l'affixe dans le plan Z des images des sommets

$$P_j (j = 1, 2, \ldots, n-1) \qquad (0 \leq s_j \leq \pi)$$

et soient $a$ et $b$ les paramètres de M. Villat ($a < -1$, $b > 1$); le problème du sillage posé pour notre squelette se ramène d'après M. Villat au système (*cf.* K2, p. 244)

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} & s_1 = s_1 + \frac{1}{\lambda}\left[ l_1 - \alpha - \int_0^{s_1} e^{-T(e^{is})} \, |df| \right], \\ & s_j = s_j + \frac{1}{\lambda}\left[ l_j - l_{j-1} - \int_{s_{j-1}}^{s_j} e^{-T(e^{is})} \, |df| \right] \qquad (j = 1, 2, \ldots, n-1), \\ & \frac{1}{a+1} = \frac{1}{a+1} + \lambda \left[ \frac{1}{d_1} - \frac{1}{\int_q^1 \sin\Omega(X, 0)\, df(X, 0) + \psi_2} \right], \\ & \frac{1}{b-1} = \frac{1}{b-1} + \lambda \left[ \frac{1}{d_2} - \frac{1}{\int_{-q}^{-1} \sin\Omega(X, 0)\, df(X, 0) + \psi_1} \right], \end{aligned} \right.$$

où $\lambda$ est un paramètre fixe, ayant les dimensions d'une longueur et où $T(e^{is})$ et $f(e^{is})$ sont des fonctions compliquées des *inconnues* $s_j$, $a$ et $b$ et des *données* $l_j$ et $\theta_j$. Comme dans K2 on remplace (1) par une équation unique du type de Schauder-Leray

$$(2) \qquad x = \mathcal{F}\left( x, \theta_j, l_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2} \right),$$

où $x$ est l'élément générateur d'un espace euclidien E à $n+1$ dimensions ($a$, $b$, $s_j$) et où $\mathcal{F}$ est une transformation ponctuelle, continue en $x$, opérant sur E, définie dans l'hypersphère S ($|x| \leq$ Borne fixe) de E et qui à tout $x \in$ S fait correspondre un élément $x' \in$ S' (S' étant l'hypersphère $|x| \leq$ Borne fixe) de E. E étant linéaire, normé, complet (avec $\|x\| = \sum |s_j| + |a| + |b|$). La théorie de MM. Leray et Schauder s'applique à (2)

1° Nous établissons d'abord l'existence de la différentielle de Fréchet de $\mathcal{F}$

$$(3) \qquad \delta x = \mathcal{F}\left[ \delta x, x, \theta_j, e_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}, \Delta\theta_j \, \Delta e_j \, \Delta\left(\frac{1}{d_1}\right) \Delta\left(\frac{1}{d_2}\right) \right].$$

On déduit de là que : *a*. $\mathcal{F}$ est complètement continue; *b*. que les solutions de (2) sont isolées, ce qui justifie la mise en œuvre de la théorie de l'indice topologique de MM. Leray et Schauder.

2° Tout revient dès lors à étudier l'indice d'une solution de l'équation aux variations

$$(4) \qquad \delta x = \mathcal{F}\left( \delta x, x, \theta_j \, e_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}, 0, 0 \ldots 0 \right).$$

3° Nous montrons que dans notre cas la réalisation du 2° se ramène encore au problème aux limites de M. Weinstein. La fonction $\gamma(Z)$ est assujettie à vérifier les mêmes conditions frontières que dans K1 (p. 242), sauf aux points $Z_j$ où elle est encore finie, continue avec

$$\frac{d\gamma}{dZ} = 2\delta\alpha_j \left[\frac{df}{dZ}\right]_{Z=Z_j} \text{Log}(Z - Z_j) + \text{fonction régulière en } Z_j$$

4° Malgré la présence de ces singularités, le lemme de M. Friedrichs (*cf.* K1, p. 243) est encore valable; comme dans K1 on en déduit que (4) possède une solution et une seule dans les deux cas suivants :

*a. Le squelette est symétrique par rapport à l'axe du canal.*

*b. Le squelette est convexe vers le fluide vif.*

*Il en résulte que le problème du sillage possède une et une seule solution si les hypothèses* (*a*) *et* (*b*) *sont vérifiées.*

Dans une prochaine Note, nous nous proposons d'étendre nos conclusions au cas des obstacles courbes non lisses ([3]).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Multiplicités des composantes singulières d'intersection.* Note de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous conservons les notations d'une Note précédente ([1]). Nous allons nous intéresser aux variétés et cycles portés par une *variété ambiante* $\Omega^\omega$ de l'espace affine $A^n$; étant données deux sous-variétés $U^u$ et $V^v$ de $\Omega$ nous considérerons les composantes M de $U \cap V$ qui sont de dimension $u + v - \omega$; si M est simple sur $\Omega$, la théorie de Weil-Chevalley (WF, I) permet de définir la multiplicité d'intersection relative $i_\Omega(M; U.V)$; nous allons étendre cette théorie à certaines composantes M singulières sur $\Omega$.

Soient $X^{\omega-s}$ et $Y^{\omega-t}$ deux cycles portés par $\Omega$ et A une sous-variété de $\Omega$ contenue dans X et Y; nous supposerons qu'au voisinage de A, X et Y sont *des sous-multiples d'intersections complètes*, c'est-à-dire qu'il existe des cycles $X_1^{n-s}$ et $Y_1^{n-t}$ et des entiers *a* et *b* tels que $aX - \Omega.X_1$ et $bY - \Omega.Y$ soient des cycles ne contenant pas A. Nous définirons localement le produit d'intersection X.Y par la formule $abX.Y = X_1.\Omega.Y$; le principe local d'associativité montre que cette définition est indépendante du choix de $a$, $b$, $X_1$, $Y_1$; nous noterons $i_\Omega(M; X.Y)$ le coefficient de M dans X.Y. Si X et Y sont sous-multiples d'intersections complètes en toutes les composantes, supposées de dimension $u + v - \omega$, de $X \cap Y$, nous définirons X.Y (global) par linéarité. Lorsque A est simple sur $\Omega$, X et Y sont des intersections complètes au voisi-

---

([3]) Signalons que M. Weinstein avait obtenu le résultat d'unicité dans le cas du squelette symétrique concave vers le fluide vif (*Rendiconti d. R. Acc. Lincei*, 1927, p. 157).

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 158.

nage de A et notre définition généralise celle de C. Chevalley (I, th. 6, p. 72). Si la composante M est singulière $i_\Omega(M; X.Y)$ peut être un nombre fractionnaire : elle vaut 1/2 si X et Y sont deux génératrices d'un cône du second degré de sommet M.

On montre aisément que le produit d'intersection ainsi défini satisfait au *principe d'associativité* (local et global) et à la *formule des variétés produits*. Il est invariant par toute correspondance birationnelle de $\Omega$, qui est birégulière en M. Le cycle X.Y est la projection sur le premier facteur du cycle $(X_1 \times Y_1).\Omega^\Delta$ (localement). Si X et Y sont des cycles positifs, on a $i_\Omega(M; X.Y) \leq i(M; X.Y)$, multiplicité de la composante excédentaire M de $X_\cap Y$ dans l'espace affine; l'égalité caractérise les composantes simples.

Soient X un cycle de $\Omega \times \Omega'$ et Y un cycle de $\Omega$; si M est une composante de $Y_\cap(\mathrm{pr}X)$ (prX étant la projection algébrique de X; *cf.* WF, p. 208 et I, p. 79) telle que Y.prX soit définie en M et $(Y \times \Omega').X$ en toute composante $M_i$ de $(Y \times \Omega').X$ se projetant en M, et si aucune $M_i$ n'est à l'infini, on a la *formule de projection* $i_\Omega(M; Y.\mathrm{pr}X) = \sum_{i=1}^{q} [M_i : M] i_{\Omega\times\Omega'}[M_i; (Y \times \Omega').X]$; lorsque les conditions précédentes sont satisfaites en toutes composantes on a la formule globale $Y.\mathrm{pr}X = \mathrm{pr}[(Y \times \Omega').X]$.

On peut définir la notion de *spécialisation de cycles de dimension arbitraire* sur un corps $k$; pour les diviseurs de l'espace affine on spécialise sur $k$ les coefficients de leurs équations; pour les autres cycles on les projette génériquement sur des diviseurs d'un sous-espace et l'on spécialise ceux-ci sur $k(u)$, les $u_{\alpha i}$ étant les coefficients, algébriquement indépendants sur $k$, de la projection (cf. *Zugeordnete Form* de Chow-Van der Waerden). On montre que cette notion satisfait aux exigences formulées dans WF (Chap. IX, § 6). De plus si X et Y sont deux cycles de $\Omega$ tels que X.Y soit défini (globalement), et si (X′, Y′) est une spécialisation de (X, Y) sur un corps de définition $k$ de $\Omega$ telle que X′.Y′ soit défini, X′.Y′ est l'unique spécialisation de X.Y sur $(X, Y) \to (X', Y')$ avec référence à $k$ (ceci au moins si X.Y a au plus une composante singulière). Ceci généralise le *principe de conservation du nombre*.

Soit A une sous-variété de $\Omega$; si nous identifions deux cycles de $\Omega$ qui ne diffèrent que par des variétés ne contenant pas A nous obtenons le groupe $\Gamma_A$ des *cycles locaux* en A. Les cycles locaux intersections complètes en A forment un sous-groupe H de $\Gamma_A$; le groupe quotient $\Gamma_A/H$ sera appelé le *groupe d'holotomie* de $\Omega$ en A et noté $H(\Omega, A)$; c'est la somme directe des sous-groupes $H_i(\Omega, A)$ correspondant aux cycles de dimension $i$. Si A est simple sur $\Omega$ on a $H(\Omega, A) = \{O\}$; la réciproque est inexacte. On peut aussi considérer le groupe d'holotomie global $H(\Omega)$; $H(\Omega, A)$ est un quotient de $H(\Omega)$ et aussi de $H(\Omega, B)$ si $B \subset A$. Nous avons ainsi défini X.Y (en A)

pour des cycles dont la classe est *périodique* dans $H(\Omega, A)$. On montre que, sur un cône de degré 2 ou 3 de l'espace ordinaire, toute courbe est globalement holotomique à une somme de génératrices; on en déduit que les groupes $H_1(\Omega)$ et $H_1(\Omega, A)$ sont isomorphes (A : sommet); si $\Omega$ est de degré 2 ils sont cycliques à deux éléments; si $\Omega$ est un cône elliptique de degré 3 et si le domaine universel est le corps des nombres complexes, ces groupes sont isomorphes au produit d'un groupe cyclique à 3 éléments et du groupe des paramètres elliptiques uniformisant une base de $\Omega$. Si $\Omega$ est une quadrique non singulière, $H_1(\Omega)$ est un groupe cyclique infini.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les vecteurs indicatifs d'un réseau quelconque tracé sur une surface.* Note (*) de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Si, en chaque point M de la surface, nous menons deux vecteurs de longueurs arbitraires, $\lambda$ et $\mu$, respectivement tangents aux deux courbes du réseau, nous obtenons un *réseau armé*. Le déplacement élémentaire du repère $Me_1e_2e_3$, pour lequel $e_1$ et $e_2$ seraient $\lambda$ et $\mu$, aurait comme composantes relatives, entre autres, les formes $\omega^1$ et $\omega^2$ qui figurent dans

(1) $$dM = \omega^1\lambda + \omega^2\mu,$$

et des formes $\omega_i^k$ $(i, k = 1, 2)$, que nous écrirons $\omega_i^k = \gamma_{ij}^k\omega^j$. Les invariants $r$ et $s$ définis par

$$d\omega^1 = r[\omega^1\omega^2], \qquad d\omega^2 = -s[\omega^1\omega^2]$$

sont, d'après les équations de structure ([1]), liées aux rotations $\gamma_{ij}^k$ par

(2) $$r = \gamma_{12}^1 - \gamma_{21}^1, \qquad -s = \gamma_{12}^2 - \gamma_{21}^2.$$

Cela rappelé, nous définissons deux vecteurs P et Q, l'un par la formule

(3) $$P = r\lambda - s\mu,$$

l'autre par les conditions

(4) $$s = Q.\lambda, \qquad r = Q.\mu.$$

P et Q sont les *indicatifs*, premier et second, *du réseau armé*. P vérifie des conditions analogues à (4), si l'on introduit les vecteurs $\bar\lambda$ et $\bar\mu$, normaux au réseau, par

(5) $$\bar\lambda.\lambda = 1, \qquad \bar\lambda.\mu = 0, \qquad \bar\mu.\lambda = 0, \qquad \bar\mu.\mu = 1;$$

il vient alors

(6) $$r = P.\bar\lambda, \qquad -s = P.\bar\mu.$$

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) E. Cartan, *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 122.

2. Il importe de savoir exprimer les composantes des indicatifs relatives à un système de coordonnées curvilignes quelconques $u^1$, $u^2$.

La partie tangentielle de $d\lambda$, à savoir $\omega_1^1\lambda + \omega_1^2\mu$, a pour composantes covariantes $\lambda_{\alpha,\beta}du^\beta$ (la virgule dénotant une dérivée covariante), c'est-à-dire, en vertu de (1), $\lambda_{\alpha,\beta}(\omega^1\lambda^\beta + \omega^2\mu^\beta)$. Identifiant les coefficients de $\omega^2$, il vient

$$\gamma_{12}^1\lambda_\alpha + \gamma_{12}^2\mu_\alpha = \lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta.$$

Un calcul analogue effectué sur $d\mu$ donne

$$\gamma_{21}^1\lambda_\alpha + \gamma_{21}^2\mu_\alpha = \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta.$$

Résolvant par rapport aux $\gamma_{ij}^k$, et portant dans (2), on obtient

(7) $$r = (\lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta)\bar{\lambda}^\alpha, \qquad -s = (\lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta)\bar{\mu}^\alpha,$$

d'où, par comparaison avec (6),

(8) $$P_\alpha = \lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta.$$

Pour obtenir les composantes de Q, tenons compte du fait que

$$\bar{\lambda}^\alpha = -\frac{\varepsilon^{\rho\alpha}\mu_\rho}{\sqrt{G}}, \qquad \bar{\mu}^\alpha = \frac{\varepsilon^{\rho\alpha}\lambda_\rho}{\sqrt{G}},$$

où $\varepsilon^{\alpha\beta}$ est le bivecteur-unité, et $\sqrt{G}$ l'aire du parallélogramme construit sur $\lambda$ et $\mu$. Les formules (7) deviennent

(9) $$s = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}\lambda_\rho, \qquad r = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}\mu_\rho,$$

d'où, par comparaison avec (4),

(10) $$Q^\rho = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}.$$

3. Les invariants $r$ et $-s$ généralisent les invariants $1/\sigma$ et $1/\sigma'$ que M. W. C. Graustein définit [2] pour le cas où $\lambda$ et $\mu$ sont unitaires. Ils permettent aussi de généraliser la notion de *dérivée directionnelle modifiée* du même auteur (p. 499); le *gradient modifié* de $f$ serait : grad $f - Qf$.

4. Quand $\lambda$ et $\mu$ sont unitaires, P et Q sont simplement les *indicatifs du réseau*; ils sont nuls, si le *réseau* habille la surface au sens *de Tchebycheff*, et réciproquement. Lorsque, $\lambda$ et $\mu$ étant unitaires, le réseau est orthogonal, le premier indicatif est identique au *vecteur de courbure géodésique* de M. Graustein (*loc. cit.*, p. 520); ses composantes peuvent alors s'écrire

(11) $$P_\alpha = \mu^\beta\lambda_{\beta,\alpha}.$$

---

[2] *Bull. Amer. Math. Soc.*, 36, 1930, p. 498.

Son curl est égal à la courbure totale, changée de signe, de la surface; si sa divergence est nulle, le réseau orthogonal est *isotherme*.

Particulièrement important dans les applications est le premier indicatif du réseau des lignes de courbure, que nous appellerons l'*indicatif principal de la surface*; il en est de même du tenseur symétrique $P_{\alpha,\beta}+P_{\beta,\alpha}$ construit sur la dérivée covariante de l'indicatif principal.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Covariance relativiste en théorie du photon superquantifié.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. L'équation fondamentale de la récente théorie de Schwinger (¹) s'obtient, en théorie du photon de M. L. de Broglie (²), par une induction toute naturelle. $\mathcal{E}$ désignant une famille continue d'hypersurfaces tridimensionnelles d'Univers du genre espace, $\mathcal{R}_{\mathcal{E}}(u)$ la fonction de répartition, $\mathcal{H}(x)$ l'hamiltonien densitaire d'interaction, homogène à une densité d'énergie propre, $\delta\omega$ l'élément quadrilinéaire $[dx^1\,dx^2\,dx^3\,dx^4]$, l'équation

$$(1)\qquad \mathcal{R}_2-\mathcal{R}_1=\frac{2\pi i}{h}\iiiint_{\mathcal{E}_1}^{\mathcal{E}_2}\mathcal{H}(x)\,\mathcal{R}_{\mathcal{E}}(n)\,\delta\omega$$

se réduit à celle connue lorsqu'on prend pour $\mathcal{E}$ des $t=$ const.; la relation de $\mathcal{H}(x)$ à l'hamiltonien ordinaire est alors

$$(2)\qquad H_t=\iiint_{t=\text{const.}}\mathcal{H}(x)\,dx^1\,dx^2\,dx^3.$$

L'on posera comme d'habitude (³)

$$(3)\qquad \mathcal{H}^{(i)}=-(A^k j_k)_{\text{op}},\qquad \mathcal{H}=\mathcal{H}^{(i)},$$

et aussi

$$(4)\qquad \begin{cases} A^k=\Sigma A^k_p\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j_p x_j}, & \psi=\Sigma\psi_m\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j_m x_j},\\ j^k=-ie\psi^+\gamma^0\gamma^k\psi, & p^k=p^k_m-p^k_n+p^k_p,\end{cases}$$

en sorte que les éléments de matrice à considérer seront

$$(5)\qquad \begin{cases} \mathcal{H}^{(i)}_{0n,pm}=-e\,A^k_p\psi^+_m\gamma^0\gamma_k\psi_n\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j x_j},\\ \mathcal{H}^{(i)}_{pn,0m}=-e\,A^{*k}_p\psi^+_m\gamma^0\gamma_k\psi_n\,e^{-\frac{2\pi i}{h}p^j x_j}.\end{cases}$$

Portant dans (1), (5), (4) et (3), il vient, à la substitution près des $\mathcal{E}$

(¹) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1339. *Voir* équ. (2.5) et (2.6).

(²) *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949. *Voir* équ. (48), p. 92.

(³) *Op. cit.* (¹) équ. (2.7), (²) p. 163, 168, 177.

aux $t = \text{const.}$, exactement les formules habituelles; mais la symétrie relativiste, qui était disloquée par le traitement usuel, est complètement rétablie. En particulier, le rôle éminent joué dans ces questions par la 4ᵉ relation d'incertitude, en contraste avec le respect de la conservation de l'impulsion, est ici clairement relié à l'épaisseur finie de la lame d'Univers indéfinie comprise entre $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$; pour transposer une expression de M. L. de Broglie (4), on pourrait parler d'une *structure lamellaire* de l'appareil descriptif constitué par les $\mathcal{E}$.

Posant, avec Schwinger, $\mathcal{R}_{\mathcal{E}} = U_{\mathcal{E}}\mathcal{R}_1$, l'on peut remplacer l'équation (1) par

$$(6) \qquad \delta U_{\mathcal{E}} U^{-1} = \frac{2\pi i}{h} \iiiint_{\mathcal{E}}^{\mathcal{E}+\delta\mathcal{E}} \mathcal{H}\, \delta\omega = \frac{2\pi i}{h}\, \delta\mathcal{A},$$

l'intégrale quadruple d'une densité d'énergie propre représentant, comme on le sait, une action (5).

II. Cherchons à transposer ce qui précède aux cas de l'électron et du photon libres, et raisonnons par exemple sur l'électron. Nous poserons ici, $w_0$ désignant la densité d'énergie propre, proportionnelle au *premier invariant* et à la trace du tenseur de Tetrode (6),

$$(7) \qquad \mathcal{H}^{(e)} = w_0^{(e)} = -c^2 m_0 \psi^+ \gamma_0 \psi, \qquad \mathcal{H} = \mathcal{H}^{(e)};$$

intégrant alors dans l'Univers l'expression (6) pour une superposition d'ondes planes, les termes rectangles se détruisent, ce qui exprime l'absence de transitions $p_m^k \to p_n^k$. Il n'en va plus de même pour une épaisseur $\Delta\mathcal{E}$ finie, mais il faut remarquer : 1° que la signification des termes rectangles n'est que subjective, qu'elle correspond à l'incertitude sur l'énergie liée à la durée de mesure finie; 2° que la somme de ces termes est extrêmement petite, car ici, contrairement à ce qui arrivait au paragraphe I, un $\Delta p^4$ notable impliquerait au moins un $\Delta p^u$ notable ($u = 1, 2, 3$), cas exclu; 3° qu'ils se détruisent lorsqu'on intègre de $-\infty$ à $+\infty$ dans le sens temporel. Si l'on néglige alors ces termes rectangles, les opérateurs $w_0$ ou $\delta\mathcal{A}$ sont purement multiplicatifs, et il vient

$$(8) \qquad \iiiint_1^2 w_0 \mathcal{R}\, \delta\omega = \int_1^2 \Sigma n_m\, d\mathcal{A}_m \mathcal{R} = \int_1^2 d\mathcal{A}\, \mathcal{R}, \qquad \mathcal{R} = \mathcal{R}_1 e^{\frac{2\pi i}{h}\mathcal{A}}.$$

---

(4) *L'Électron magnétique*, Paris, 1934, p. 304-307.

(5) *Op. cit.* (4), p. 223-224. Voici, sans commentaire, la démonstration de cette propriété en théorie relativiste des milieux à spin (O. Costa de Beauregard, *Journ. de Math.*, **22**, 1943, p. 120-136, et **25**, 1946, p. 187-207), puis des milieux électrisés :

$$-d\delta\mathcal{A} \equiv \delta p^k\, dx_k = \rho_0 U^l V^j \delta u_j\, dx_i = \rho_0 U_i V_i\, \delta u_j\, \delta x^j = -w_0\, \delta\omega,$$
$$-d\delta\mathcal{A} \equiv \delta 2 A^k\, dx_k = j^l A^k \delta u_l\, dx_k = j_l A^l \delta u_k\, dx^k = -\mathcal{H}^{(i)}\, \delta\omega.$$

(6) Op. cit. *Journ. de Math.*, **22**, p. 154 et suiv.

Ce résultat ne coïncide que statistiquement, dans le cas d'une répartition spatiale isotrope, avec celui de la théorie usuelle ([7]), qui ne jouit pas de la symétrie relativiste; cela provient de ce que le $H^{(e)}$ usuel n'est pas l'intégrale du présent $\mathcal{H}^{(e)}$, et cette remarque pourrait aider à tirer au clair les difficultés rencontrées pour une symétrisation relativiste du formalisme quantique non superquantifié.

Compte tenu de ce qui précède, on peut simultanément, dans (1), substituer $(9_1)$ à $(3_2)$ et $(9_2)$ à $\mathcal{R}$, qui lui équivaut physiquement :

$$(9)\qquad \mathcal{H}' = \mathcal{H}^{(e)} + \mathcal{H}^{(p)} + \mathcal{H}^{(i)}, \qquad \mathcal{R}' = \mathcal{R}\, e^{-\frac{2\pi i}{h}(\mathcal{A}^{(e)} + \mathcal{A}^{(p)})}.$$

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur la transmutation des particules élémentaires.* Note de M. **Alexandre Proca**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. L'expérience montre que les diverses particules *élémentaires* sont susceptibles de se transformer les unes dans les autres. Une méthode possible d'étude de ces transformations consiste à considérer les diverses particules comme autant d'états stationnaires distincts d'un seul et même système; les transitions entre ces états constitueraient alors les transmutations cherchées.

Ces divers états seront caractérisés par des nombres quantiques de masse et de spin. Considérons d'abord le spin et cherchons l'équation d'onde d'une particule libre de masse au repos donnée $m_0$ et dont le spin puisse prendre toutes les valeurs permises.

2. *Espace des spins.* — Pour décrire le spin, de nouveaux opérateurs sont nécessaires, outre les $\mathbf{x}_r$ et $\mathbf{p}_r$. Nous en introduirons quatre de chaque sorte $\xi_\sigma$ et $\eta_\rho$, satisfaisant à

$$(1)\qquad \eta_\rho\xi_\sigma - \xi_\sigma\eta_\rho = \frac{\varepsilon}{i}\delta_{\rho\sigma} \qquad (\varepsilon = \text{constante réelle}),$$

et commutant par hypothèse avec les $\mathbf{x}_r$ et $\mathbf{p}_r$. En un mot, nous admettrons que l'espace des spins est un espace continu, de même structure que l'espace-temps et indépendant de celui-ci.

3. *Équations fondamentales.* — A l'*approximation newtonienne*, nous définirons la particule libre par l'hamiltonien

$$(2)\qquad \mathbf{H} = -\lambda\eta_0 + \frac{1}{2\,m_0 c}\sum_1^3(\mathbf{p}_k + \lambda\eta_k)^2 + m_0 c,$$

les $p_k$ ayant la signification habituelle $\mathbf{p}_k = (\hbar/i).\partial/\partial x^k$ et $\lambda$ étant une constante

---

([7]) *Op. cit.* ([2]), p. 126.

réelle. L'équation d'onde *relativiste* sera

$$\left[\sum_{1}^{4}(\mathbf{p}_\rho+\lambda\eta_\rho)^2+m_0^2c^2\right]\varphi=0, \tag{3}$$

si nous supposons qu'une transformation de Lorentz appliquée aux $x_k$ induit la même transformation dans l'espace des spins.

$\varphi$ est invariante et dépend des $x_k$ ainsi que des variables de spin. L'interaction avec un champ électromagnétique se définit à la manière habituelle.

4. *Spin.* — En vertu de (2), on aura

$$\dot{\mathbf{p}}_k=0,\qquad \dot{\mathbf{x}}_k=\frac{1}{m_0c}(\mathbf{p}_k+\lambda\eta_k)$$
$$\dot{\eta}_k=0,\qquad \dot{\xi}_k=\frac{1}{m_0c}\cdot\frac{\varepsilon\lambda}{\hbar}\cdot(\mathbf{p}_k+\lambda\eta_k)\qquad (k=1,\ 2,\ 3).$$

A l'approximation newtonienne, la particule se meut donc à quantité de mouvement et à vitesse constantes, en accord avec le principe d'inertie. Sa vitesse n'a cependant pas la même direction que le moment et cet écart introduit un spin. Il existe, en effet, une intégrale première exprimant la constance du moment angulaire

$$\mathbf{x}_i\mathbf{p}_k-\mathbf{x}_k\mathbf{p}_i+\frac{\hbar}{\varepsilon}(\xi_i\eta_k-\xi_k\eta_i)=\text{const.}\qquad (i,\ k=1,\ 2,\ 3).$$

La particule possède donc un spin $(\hbar/\varepsilon).(\xi_i\eta_k-\xi_k\eta_i)$; les valeurs propres de sa composante dans une direction donnée sont des multiples entiers et demi-entiers de $\hbar$ de la forme $j\hbar$ où $j=0,\ \pm 1/2,\ \pm 1,\ \pm 3/2,\ \ldots$.

5. *États stationnaires. Cas des spins entiers.* — Prenons pour les opérateurs $\xi_\sigma$ et $\eta_\rho$

$$\eta_\rho=\frac{\varepsilon}{i}\frac{\partial}{\partial\xi_\rho},\qquad \xi_\sigma=\text{multiplication par }\xi_\sigma.$$

La fonction d'onde $\varphi$ dépendra des $x_\rho$ et des $\xi_\rho$. La particule décrite par l'équation (3) pourra avoir et garder un spin unique, bien déterminé, si elle se trouve dans un état propre correspondant à cette valeur de spin. L'opérateur du spin ne comprenant pas les $\mathbf{x}_k$ et $\mathbf{p}_k$, seule la dépendance de $\varphi$ par rapport aux $\xi_\sigma$ caractérisera le spin.

Ainsi, par exemple, si la particule se trouve dans l'état caractérisé par la fonction d'onde

$$\varphi=\psi_1\xi_1+\psi_2\xi_2+\psi_3\xi_3+\psi_4\xi_4,$$

où les $\psi_\rho$ sont des fonctions des $x_\rho$ seulement, elle aura le spin total 1, ce sera un *méson*. De même

$$\varphi=\psi_{\rho\sigma}\xi_\rho\xi_\sigma\qquad(\text{avec }\psi_{\rho\rho}=0,\ \psi_{\rho\sigma}=\text{symétrique})$$

représentera un corpuscule de spin 2, etc.

Remarquons que $\varphi$ est un invariant; donc les $\psi_\rho$, $\psi_{\rho\sigma}$, ..., fonctions des $x_\rho$, seront des tenseurs (symétriques) d'ordre 1, 2, 3, .... Le mode de description adopté fait ainsi apparaître, dans chaque cas, les composantes $\psi_\rho$, $\psi_{\rho\sigma}$, ..., fonctions des $x_\rho$ par lesquelles on a l'habitude de décrire le méson, le graviton, etc. D'une façon générale, si la particule se trouve dans l'état décrit par la fonction d'onde

$$\varphi = \psi_{\rho\sigma\ldots}\xi_\rho\xi_\sigma\ldots,$$

$\psi_{\rho\sigma\ldots}$ étant un tenseur symétrique d'ordre $j$, la particule s'identifie avec un corpuscule de spin total $j(j+1)$. Au repos $\varphi$ est une fonction propre du spin total $M^2$ et l'équation (3) est équivalente dans ce cas aux *équations de Fierz* (1).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'application pratique de la méthode variationnelle au calcul de modèles d'atmosphères stellaires.* Note de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure (1), (Note IV), les grandes lignes d'une détermination variationnelle de la distribution des températures et du flux net monochromatique dans une atmosphère définie par sa composition chimique, son champ de pesanteur et sa température effective. Nous nous proposons maintenant de préciser les modalités d'application pratique de la méthode et de la compléter sur certains points.

D'abord, il semble que l'emploi de la pression électronique $P_e$, ou de la pression $P_g$, comme variable indépendante, à la place de la profondeur géométrique $x$, rende plus immédiate la résolution de l'équation de l'équilibre mécanique. Cependant pour ne pas surcharger les notations, déjà très pénibles, nous continuerons à exposer la méthode avec $x$.

Comme formule d'intégration numérique (5), on adoptera une formule introduisant des *points de division* là où le coefficient d'absorption subit des discontinuités. Par exemple, pour $\alpha$ Lyræ (hydrogène pur), on pourrait prendre, en première approximation :

$$\lambda_1 = 912_+ \text{Å},\quad \lambda_2 = \frac{(\lambda_1+\lambda_3)}{2},\quad \lambda_3 = 3648_-,\quad \lambda_4 = 3648_+,$$
$$\lambda_5 = 8208_- \text{Å},\quad \lambda_6 = 8208_+,\quad \lambda_7 = 14592,\quad \lambda_8 = 22800,$$

et appliquer selon la tranche considérée la formule de Simpson ou celle des

---

(1) *Helvetica Physica Acta*, **12**, 1939, p. 1.

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1124 (Contributions de I. A. P., A. **10**). Nous supposons que le lecteur dispose d'un exemplaire de cette Note, dont les formules sont numérotées de (1) à (10). Ici, nous *continuons* cette numérotation. Signalons enfin une faute d'impression : dans la définition de $w_r(x)$, il manque un indice $i$ à $\nu$.

Trapèzes, c'est-à-dire la formule (5) avec

$$3\beta_1 = 3\beta_3 = \Delta\nu_{12}; \quad 3\beta_2 = 4\Delta\nu_{12}; \quad 2\beta_4 = 2\beta_5 = \Delta\nu_{45}; \quad 3\beta_6 = 3\beta_8 = \Delta\nu_{67}; \quad 3\beta_7 = 4\Delta\nu_{67}.$$

En ce qui concerne les $\varphi_p(\tau_\nu)$, il semble qu'on puisse se contenter en première approximation de $\varphi_0 = 1$, $\varphi_1 = \tau_\nu$; en seconde approximation, on ajouterait $\varphi_2 = K_2(\tau_\nu)$ et en troisième $\varphi_3 = K_3(\tau_\nu)$; où $K_n$ représente la fonction intégro-exponentielle.

Enfin, dans la Note IV, on n'a pas suffisamment tenu compte de l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local, d'après laquelle $J_\nu(\tau_\nu) = B_\nu(T)$. Pour combler cette lacune et présenter la méthode sous un autre de ses aspects, peut-être plus physique, nous l'exposerons à nouveau en la rattachant à celle des moindres carrés.

On peut, en général, représenter les $nN = R$ couples d'indices $p$, $i$ par les R valeurs d'un indice unique $r$ (²). Avec $n = 4$ et $N = 2$, par exemple, on aurait : $A_1 = A_{11}$ ; $A_2 = A_{21}$ ; $A_3 = A_{12}$ ; $A_4 = A_{22}$ ; ... $A_8 = A_{24}$.

Écrivons un système d'équations exprimant par ses Q premières équations la constance du flux, aux profondeurs $x_1, x_2, \ldots, x_Q$ et par les $nQ$ équations suivantes, l'égalité entre $J_{\nu_i}$ et $B_{\nu_i}$, pour chacune des fréquences $\nu_i$ et chacune des Q profondeurs $x_1, x_2, \ldots, x_Q$. Posons, pour un stade d'itération donné, caractérisé par une certaine distribution connue de T en fonction de $x$

$$(11) \qquad B_{\nu_i}(T) = B_i(x), \qquad \beta_i \Phi_p(\tau_{\nu_i}) = \Phi_{pi}(x), \qquad \varphi_p(\tau_{\nu_i}) = \varphi_{pi}(x).$$

Le système en question s'écrit, au moyen de l'indice *synthétique* $r$ (avec $q$ variant de 1 à Q) :

$$\begin{array}{ccccccc}
\sum_{r=1}^{N} A_r \Phi_r(x_q) & + & \sum_{r=N+1}^{2N} A_r \Phi_r(x_q) & + \ldots + & \sum_{r=R-N+1}^{R} A_r \Phi_r(x_q) & = & F, \\
\sum_{r=1}^{N} A_r \varphi_r(x_q) & + & 0 & + \ldots + & 0 & = & B_1(x_q), \\
0 & + & \sum_{r=N+1}^{2N} A_r \varphi_r(x_q) & + \ldots + & 0 & = & B_2(x_q), \\
\ldots & & \ldots & & \ldots & & \ldots, \\
0 & + & 0 & + \ldots + & \sum_{r=R-N+1}^{R} A_r \varphi_r(x_q) & = & B_n(x_q).
\end{array}$$

Formons le système des équations normales et passons de la suite discrète de niveaux à la variable *continue* $x$; il s'introduit des intégrales

$$(12) \qquad D'_{sr} = \int_0^\infty [\Phi_s(x)\,\Phi_r(x) + \varphi_s(x)\,\varphi_r(x)]\,dx; \qquad E'_s = \int_0^\infty \left[\Phi_s(x) + \frac{\varphi_s(x) B_i(x)}{F}\right] dx.$$

(²) D'une façon générale : $A_r \equiv A_{pi}$ avec $i =$ (partie entière de $r/N$) $+ 1$, $p = r - (i-1)N$.

Le système (S) cherché s'écrit (³)

$$\sum_{r=1}^{R} D'_{sr} A_r = FE'_s \qquad (s=1, 2, 3, \ldots, R). \tag{13}$$

Une fois obtenues, les racines $A_r \equiv A_{pi}$ de (13), le flux monochromatique $\mathcal{F}_{\nu_i}(0)$ à la surface, sera donné immédiatement, pour les fréquences étudiées, par (4). Enfin, le nouveau gradient de température, en vue de l'itération, sera donné comme dans (10), par

$$aT^4 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{p=1}^{N} A_{pi} \beta_i \varphi_{pi}(x). \tag{14}$$

On vérifie aisément que le système (13) est identique à celui qui exprime le minimum de

$$W = \int_0^\infty [\mathcal{F}(x) - F]^2 \, dx + \sum_{i=1}^{n} \int_0^\infty [J_{\nu_i}(\tau_{\nu_i}) - B_{\nu_i}(T)]^2 \, dx, \tag{19}$$

quantité essentiellement positive et qui serait identiquement nulle pour la solution exacte du problème.

### ÉLECTRONIQUE. — *Lentille magnétique à axe curviligne.* Note (*) de M. Pierre Hubert, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'existence d'une lentille magnétique à axe circulaire a été démontrée pour la première fois par Nils Svartholm qui a construit d'après ce principe un spectrographe à rayons β de qualités exceptionnelles [1], [2], [3].

Le calcul qui est ici présenté a pour but de généraliser ce résultat et de montrer qu'il est possible de réaliser une lentille magnétique à axe curviligne avec un champ ne possédant pas la symétrie de révolution.

Soit un champ magnétique symétrique par rapport à un plan π et dans ce plan, une source ponctuelle S émettant des électrons de vitesse $v_0$. Soit une trajectoire T située tout entière dans ce plan (il suffit que la vitesse initiale y soit contenue). Cette trajectoire est parcourue avec une vitesse uniforme $v_0$,

---

(³) Les intégrales (12) s'évaluent aisément au moyen d'un planimètre de précision. Le système (13) contient un très grand nombre d'inconnues (de l'ordre de 50 à 100), mais l'on sait actuellement résoudre de tels systèmes qu'on rencontre de plus en plus souvent en physique (méthodes de relaxation, machines électroniques, etc.).

(*) Séance du 17 janvier 1949.

(¹) Nils Svartholm et Kai Siegbahn, *Ark. f. Mat. Astr. o. Fys.*, B. 33 A, n° 21, 1946; B. 33 A, n° 24, 1946.

(²) Shull et Dennison, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 681; 72, 1947, p. 256.

(³) P. Hubert, *Journal des Recherches du C. N. R. S.*, 6, 1948, p. 132.

par un électron $M_0$ quittant S à l'instant $t = 0$. Pour étudier la trajectoire d'un électron M, quittant S au même instant et dont la vitesse fait initialement un petit angle avec T, nous utiliserons un trièdre de référence mobile, de sommet $M_0$ et d'axes :

$\vec{s}$ (tangent à T), $\vec{r}$ (situé dans $\pi$ et normal à T) et $\vec{z}$ (normal à $\pi$).

Les coordonnées de M sont à chaque instant $(s, r, z)$ et la vitesse relative est $\vec{v}_r(\dot{s}, \dot{r}, \dot{z})$.

La vitesse d'entraînement est égale à

$$\vec{v}_e = \vec{v}_0 + \Omega \wedge \overrightarrow{M_0M},$$

les composantes de la rotation $\vec{\Omega}$ étant $(0, 0, \omega = He/m)$.

Le champ H en $M_0$ sera défini uniquement par sa composante $H_z(x) = H$, $x$ étant l'abscisse curviligne de $M_0$ depuis S.

Pour définir, au premier ordre près, les composantes de $\vec{H}$ en M, il faut tenir compte de la symétrie et des propriétés

$$\operatorname{div}\vec{H} = 0, \qquad \operatorname{rot}\vec{H} = 0.$$

On trouve

$$H_s = z\frac{\partial H}{\partial s}, \qquad H_r = z\frac{\partial H}{\partial r} \qquad \text{et} \qquad H_z = H + r\frac{\partial H}{\partial r} + s\frac{\partial H}{\partial s},$$

ce qui montre que pour connaître les propriétés du champ au voisinage de T, il suffit de définir les deux fonctions $H_{(x)}$ et $(\partial H/\partial r)_{(x)}$, puisque $\partial H/\partial s = \partial H/\partial x$.

En utilisant les relations fondamentales

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r, \qquad \vec{F} = m\vec{\Gamma}_a = \vec{H} \wedge e\vec{v}_a \qquad \text{et} \qquad \vec{\Gamma}_r = \vec{\Gamma}_a - \vec{\Gamma}_e - \vec{\Gamma}_c,$$

($\Gamma_c$ accélération de Coriolis), on trouve, toujours en se limitant aux termes du premier ordre $\ddot{s} = \omega\dot{r} + \dot{\omega}r$,

$$\ddot{r} = \frac{ev_0}{m} r \frac{\partial H}{\partial r} - \omega\dot{s} \qquad \text{et} \qquad \ddot{z} = -\frac{ev_0}{m} z \frac{\partial H}{\partial r}.$$

Il en résulte que $\dot{s} = \omega r$, puisque $\dot{s} = 0$ pour $t = 0$ et donc

$$(1) \qquad \begin{cases} \ddot{r} = r\left(\dfrac{ev_0}{m}\dfrac{\partial H}{\partial r} - \omega^2 r\right) = -F_1(x)\,r, \\[2ex] \ddot{z} = z\left(-\dfrac{ev_0}{m}\dfrac{\partial H}{\partial r}\right) \qquad = \qquad F_2(x)\,z. \end{cases}$$

Ces formules montrent que :

1. Les deux variables $r$ et $z$ peuvent être traitées séparément, et que sur chacune, le champ agit comme une lentille cylindrique, puisque l'accélération est proportionnelle à l'écart.

2. On peut imaginer certaines répartitions de champ telles que la distance focale soit la même suivant $r$ et suivant $z$. Pour réaliser cette égalité, une fois la fonction $H_{(x)}$ (c'est-à-dire la forme de la trajectoire) établie d'une façon arbitraire, il suffit de fixer une valeur convenable pour la fonction $(\partial H/\partial r)_{(x)}$. On peut par exemple réaliser en chaque point $F_1 = F_2$, mais il est bien évident que cette solution n'est pas unique.

3. De la linéarité des équations (1), il résulte que lorsque les deux foyers sont confondus, le champ se comporte comme une véritable lentille magnétique ayant T pour axe, et susceptible de donner une image d'une source peu étendue située au voisinage de S.

4. Les formules (1) englobent tous les systèmes de focalisation par déviation magnétique, aussi bien les spectrographes à déviation de 180° que le spectrographe de Nils Svartholm qu'elles admettent comme cas particuliers.

5. On peut imaginer un système de focalisation utilisant une lentille à axe curviligne qui serait par rapport au spectrographe de Nils Svartholm ce que sont dans le domaine de l'optique électronique habituelle les spectrographes à lentille mince par rapport aux spectrographes à champ axial uniforme.

Les principaux avantages d'un tel dispositif consisteraient en une économie de poids et en une disposition plus avantageuse des points objet et image qui, placés en dehors du champ, seraient beaucoup plus facilement accessibles.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Représentation du rayonnement dans un guide atmosphérique par une suite de sources virtuelles.* Note (*) de MM. **Théo Kahan** et **G. Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

On connaît l'allure des champs électromagnétiques en $1/r^3$ et en $1/\sqrt{r}$ pour $r$ grand dans un conduit atmosphérique ([1]). Que se passe-t-il dans la zone intermédiaire entre l'émetteur et cette zone asymptotique ? Pour faire ressortir le côté physique des phénomènes, il est bon de remplacer notre dipôle et son image par un émetteur placé à l'origine d'intensité double et présentant le diagramme de rayonnement de la figure 1 ([2]). On peut dès lors représenter le champ de l'émetteur en un point situé dans le guide comme une superposition du champ de l'émetteur et de celui de ses images successives par rapport à la surface frontière du conduit et par rapport au sol.

Prenons d'abord l'image de l'émetteur par rapport à la frontière, cela donne un émetteur image d'intensité $C_r$ ($C_r$ étant le coefficient de réflexion) situé à la hauteur $z = 2h$. Cette image est, à son tour, réflétée sur le sol, multipliée par

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 235.

([2]) *Loc. cit.*, p. 235.

le facteur (— 1); cela fournit une source ayant l'intensité — $C_r$. Cette source-image, de nouveau réflétée par la frontière $z = h$, fournit une source en $z = 4h$ ayant l'intensité — $C_r^2$; une nouvelle réflexion donne une nouvelle source-image d'intensité $C_r^2$ en $z = -4h$, et ainsi de suite. Le coefficient de réflexion $C_r$ est, bien entendu, fonction de l'angle d'incidence. L'étude de la variation $C_r = f(\varphi)$ montre que pour de faibles discontinuités $\Delta\varepsilon\,|C_r| = 1$ pour un angle inférieur à l'angle de réflexion totale $\alpha_t$, puis $C_r$ décroît très rapidement.

Cette représentation moyennant une répartition de sources virtuelles est valable jusqu'à une distance telle que le rayon électromagnétique issu de la première image virtuelle fasse un angle $\varphi$ avec l'horizontal au moins égal à l'angle de réflexion totale $\alpha_t$. Aux distances plus grandes correspondant à des angles $\varphi$ inférieurs à $\alpha_t$, la représentation par sources virtuelles perd sa validité. Ceci est physiquement clair : aux plus grandes distances c'est la loi en $1/r^3$ ou en $1/\sqrt{r}$ qui l'emporte, en sorte que la loi en $1/r$ que présuppose l'ensemble des sources virtuelles, tombe en défaut.

En outre, plus la longueur d'onde est courte et plus le diagramme de rayonnement s'aplatit, car les lobes vont s'amenuisant. Quand la fréquence croît, le conduit absorbe de plus en plus de lobes.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'expression du Principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques*. Note (*) de MM. **François Croze** et **Pierre Boillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente écrite par l'un de nous en collaboration avec Émile Durand [1], il a été établi que l'application de formules, équivalentes à celles de Kottler, introduites par Louis de Broglie redonne les formules données par Love, Larmor et Bromwich pour exprimer le Principe de Huyghens dans le cas des ondes électromagnétiques polarisées rectilignement. Nous nous proposons dans cette Note de montrer que ces dernières formules se déduisent immédiatement des expressions *classiques* des champs engendrés par les doublets électriques et magnétiques.

Soit en effet S l'une des positions d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement et soit $d\sigma$ l'un des éléments de cette onde. Prenons le centre M de cet élément pour origine d'un système d'axes rectangulaires $Mx_1x_2x_3$, l'axe $Mx_3$ étant dirigé suivant la direction de la propagation de l'onde, les axes $Mx_1$ et $Mx_2$ étant dirigés respectivement suivant les directions des champs électrique et magnétique propagés par l'onde.

Soit $f(ct)$ la grandeur commune de ces deux champs sur l'élément d'onde en

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(1) F. Croze et E. Durand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 236.

question. Avec Larmor [2] nous considérerons cet élément comme une source secondaire composée d'un doublet électrique de puissance $-[f(ct)/4\pi q]$ dirigé suivant l'axe $Mx_1$, et d'un doublet magnétique de puissance $+[f(ct)/4\pi q]$ dirigé suivant l'axe $Mx_2$, $q$ étant l'opérateur $(1/c)(\partial/\partial t)$.

Or si l'on considère un point P à la distance $r=\overrightarrow{MP}$ du centre M de l'élément $d\sigma_1$ et si l'on désigne par $\theta_1$ l'angle de la direction MP avec l'axe $Mx_1$ du doublet électrique, par $\varphi_1$ l'angle du plan $x_1$MP avec le plan $x_1Mx_2$, les composantes suivant les $r$, les $\theta_1$ et les $\varphi_1$ croissants du champ électrique $d\overrightarrow{E'}=\vec{e'}\,d\sigma$ envoyé au point P par le doublet électrique situé en M sont données par des formules classiques depuis Hertz [3]. Si l'on utilise encore l'opérateur $q=(1/c)\,\partial/\partial t$, qui est égal à $ik$ quand il s'agit d'ondes monochromatiques de fréquence $kc/2\pi$, ces formules peuvent s'écrire

$$(1)\qquad \begin{cases} 4\pi q\, e'_r = -2r^{-3}\cos\theta_1(1+qr)f(ct-r), \\ 4\pi q\, e'_{\theta_1} = -\phantom{2}r^{-3}\sin\theta_1(1+qr+q^2r^2)f(ct-r), \\ 4\pi q\, e'_{\varphi} = 0; \end{cases}$$

Si d'autre part, on désigne par $\theta_2$ l'angle de la direction $\overrightarrow{MP}$ avec l'axe $Mx_2$ du doublet magnétique, par $\varphi_2$ l'angle du plan $x_2$MP avec le plan $x_1Mx_2$, les composantes suivant les $r$, les $\theta_2$ et les $\varphi_2$ croissants du champ électrique $d\overrightarrow{E''}=\vec{e''}\,d\sigma$ envoyé au point P par le doublet magnétique sont données par des formules classiques [4] que l'on peut écrire sous la forme suivante :

$$(2)\qquad \begin{cases} 4\pi q\, e''_r = 0, \\ 4\pi q\, e''_{\theta_2} = 0, \\ 4\pi q\, e''_{\varphi_2} = -r^{-3}\sin\theta_2\, qr(1+qr)f(ct-r). \end{cases}$$

Il reste maintenant à évaluer le champ envoyé au point P par l'ensemble des deux doublets considérés ci-dessus. A cet effet on peut projeter les composantes des champs $\vec{e'}$ et $\vec{e''}$ sur les axes $Mx_1x_2x_3$. On retrouverait ainsi les expressions classiques, en coordonnées cartésiennes rectangulaires, des champs engendrés par les doublets électriques et magnétiques. En ajoutant les composantes ainsi obtenues pour les champs $\vec{e'}$ et $\vec{e''}$ sur chacun des axes, on retrouverait les formules de Bromwich pour les coordonnées cartésiennes rectangulaires.

Il est possible toutefois d'obtenir tout de suite les formules de Bromwich pour les coordonnées sphériques, d'emploi souvent plus commode, en repérant la position du point P au moyen de l'angle $\theta$ de la direction MP avec l'axe $Mx_3$

---

(2) J. LARMOR, *Proc. Math. Soc.*, London (2), **1**, 1903, p. 1; **19**, 1921, p. 169.

(3) *Ann. der Phys.*, 36, 1889, p. 1; *Cf.* G. H. LIVENS, *The Theory of Electricity*, 2e édit., Cambridge, 1926, p. 294.

(4) G. H. FITZGERALD, *Scientific Writings*, Dublin, 1902, p. 122, 267.

et de l'angle $\varphi$ du plan $x_3$MP avec le plan $x_3$M$x_1$. On cherchera alors à déterminer les composantes des champs $\vec{e}'$ et $\vec{e}''$ suivant les $r$, les $\theta$ et les $\varphi$ croissants. En fait, on aura seulement à projeter les composantes $e'_{0_1}$ et $e''_{\varphi_2}$ sur les directions des $\theta$ et des $\varphi$ croissants, en évaluant les cosinus directeurs des nouveaux axes par rapport aux anciens au moyen des angles $\theta$ et $\varphi$. On trouvera ainsi

$$(3)\quad \begin{cases} 4\pi q e'_\theta = r^{-3}\cos\varphi(1+qr+q^2r^2)\cos\theta f(ct-r), \\ 4\pi q e'_\varphi = -r^{-3}\sin\varphi(1+qr+q^2r^2)\,f(ct-r), \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} 4\pi q e''_\theta = r^{-3}\cos\varphi\, qr(1+qr)f(ct-r), \\ 4\pi q e''_\varphi = -r^{-3}\sin\varphi\cos\theta\, qr(1+qr)f(ct-r). \end{cases}$$

Il suffit maintenant de faire les sommes

$$4\pi q(e'_r+e''_r)\quad 4\pi q(e'_\theta+e''_\theta)\quad 4\pi q(e'_\varphi+e''_\varphi)$$

pour retrouver les formules de Bromwich rapportées aux coordonnées sphériques du point P. En ne gardant dans ces formules que les termes en $1/r$, on retrouve les formules obtenues par Larmor.

Il va sans dire que la divergence du vecteur électrique donnée par ces formules est nulle. On peut d'ailleurs le vérifier aisément. Sur les formules complètes on trouve qu'elle est nulle rigoureusement; sur celles où l'on a gardé seulement les termes en $1/r$, on trouve qu'elle est toujours au plus de l'ordre des termes qu'on néglige.

Il est clair également que l'on n'obtiendrait pas une solution satisfaisante si l'on faisait intervenir seulement une seule sorte de doublets, les doublets magnétiques par exemple. Dans ces conditions, en effet, les ondes secondaires émanées de l'ensemble des éléments de la surface d'onde S auraient une résultante non nulle en arrière de cette onde, c'est-à-dire dans le sens opposé à celui de la propagation.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres Raman des acétophénones substituées sur le groupe méthyle.* Note (*) de M. Claude Cherrier, présentée par M. Jean Cabannes.

Poursuivant une étude physico-chimique des acétophénones substituées sur le groupe méthyl [1] nous avons photographié les spectres de diffusion Raman de ces cétones et avons obtenu les résultats suivants :

1° *Acétophénone :* 164 (7); 204 (1/4); 369 (3); 408 (1/4); 467 (1/4); 559 (0); 587 (3); 616 (6); 693 (1/4); 731 (8); 761 (1); 806 (0); 847 (1/2); 925 (0); 954 (2); 990 (1/2); 999 (14); 1023 (5); 1075 (5); 1159 (3); 1180 (2); 1218; 1266 (8); 1305 (1/2); 1314 (1/4);

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) Claude Cherrier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1016; 225, 1947, p. 1306 (dans cette Note *lire* dans la formule $\Delta\varepsilon/c$ et $\Delta n/c$ au lieu de $\Delta\varepsilon/6$ et $\Delta n/6$; 226, 1948, p. 797; et une Note sous presse sur une étude de la réfraction en fonction de la température.

1358 (0); 1398 (0); 1419 (1/4); 1430 (1/2); 1451 (2); 1491 (2); 1586 (1); 1599 (15); 1683 (10); 2928 (3); 2984 (1); 3010 (2); 3070 (5).

2° *Porpiophénone :* 163 (6); 210 (1); 233 (0); 339 (2); 617 (6); 732 (0); 748 (4); 926 (0); 950 (1/2); 1000 (10); 1027 (3); 1083 (2); 1160 (3); 1183 (1); 1221 (8); 1302 (1/2); 1418 (1/2); 1450 (1/2); 1462 (1/4); 1490 (1); 1601 (15); 1684 (10); 2907 (2); 2951 (2); 2977 (0); 3012 (1); 3071 (4).

3° *Éthylacétophénone :* 169 (5); 301 (1/2); 402 (1/4); 477 (1/4); 493 (0); 513 (0); 559 (0); 567 (0); 608 (6); 655 (0); 692 (0); 723 (1); 753 (1/4); 788 (1); 819 (1/2); 845 (1/4); 867 (1/4); 893 (3/4); 999 (15); 1026 (7); 1072 (0); 1107 (5); 1159 (6); 1182 (3); 1217 (6); 1277 (0); 1298 (0); 1318 (1/4); 1343 (0); 1361 (0); 1384 (0); 1415 (1); 1452 (2); 1494 (1); 1538 (1/2); 1582 (1); 1599 (14); 1683.5 (10); 2938 (1); 2974 (0); 3006 (1); 3027 (1); 3073 (4).

4° *Diméthylacétophénone :* 155 (6); 257 (1/2); 273 (1/4); 303 (3/4); 403 (1); 613 (4); 661 (0); 683 (1/4); 705 (1/2); 730 (4); 771 (0); 790 (2); 798 (0); 844 (1/4); 867 (1); 922 (1/4); 941 (0); 977 (3); 1000 (10); 1027 (3); 1069 (3/4); 1103 (2); 1160 (7); 1184 (3/4); 1225 (6); 1244 (1/4); 1285 (1/2); 1317 (1/4); 1350 (3/4); 1386 (1/4); 1414 (1/4); 1449 (2); 1493 (1); 1544 (1/4); 1580 (1); 1599 (14); 1681 (10); 2846 (1); 2878 (m); 2908 (m); 2948 (m); 2983 (m); 3076 (F).

5° *Triméthylacétophénone :* 170 (5); 216 (1/2); 264 (1); 303 (1); 375 (1); 411 (1); 593 (4); 619 (6); 686 (6); 734 (1/4); 771 (0); 798 (0); 818 (2); 850 (1/2); 940 (3); 961 (3); 1001 (8); 1029 (6); 1106 (1/4); 1138 (0); 1162 (5); 1183 (6); 1224 (2); 1281 (1); 1291 (1); 1379 (0); 1408 (1/4); 1418 (1/4); 1454 (2); 1471 (2); 1502 (1/2); 1524 (1/4); 1548 (1/4); 1600 (15); 1678 (10); 2887 (m); 2900 (m); 2910 (m); 2937 (m); 2982 (m); 3075 (F).

6° *Ethylallylacétophénone :* 145 (0); 164 (1); 192 (0); 273 (1/4); 405 (1); 613 (5); 658 (1/4); 700 (1/4); 744 (1/4); 786 (1/4); 812 (1/2); 841 (1/2); 917 (1/4); 941 (1/4); 998 (8); 1 025 (4); 1 143 (1/4); 1 159 (2); 1 181 (1); 1 206 (2); 1 225 (1); 1 255 (1/2); 1 297 (1); 1 331 (0); 1 381 (1/2); 1 420 (1/2); 1 447 (1/2); 1 457 (1/2); 1 492 (1/4); 1 597 (14); 1 640 (4); 1 679 (8); 2 990 (m); 3 010 (m); 3 076 (F).

7° *Diméthylallylacétophénone :* 170; 253 (1/4); 276 (1/4); 318 (0); 362 (1/4); 402 (1/2); 434 (1/4); 470 (1/4); 518 (0); 544 (0); 573 (1); 615 (3); 693 (1); 719 (0); 790 (1); 841 (1/4); 880 (1/4); 913 (1/4); 938.5 (0); 1 000 (6); 1 031 (3); 1 160 (2); 1 220 (3/4); 1 294 (3); 1 388 (1/4); 1 418 (2); 1 448 (1); 1 466 (1); 1 494 (1/4); 1 600 (10); 1642 (3); 1675 (7); 2 949 (m); 2 992 (m); 3 014 (m); 3 079 (FF).

8° *Ethyldiallylacétophénone :* 170; 362 (1); 401 (1); 443 (0); 478.5 (0); 542 (0); 564 (1/4); 578 (5); 646 (1/4); 664 (1/4); 704 (1); 731 (1/4); 773 (1/2); 804 (1/2); 846 (1)2); 873 (1/4); 919 (1/2); 973 (1/4); 999 (10); 1 032 (4); 1 131 (0); 1 164 (4); 1 186 (1); 1 217 (2); 1 251 (2); 1 300 (3); 1 421 (4); 1 447 (1/4); 1 464 (1/4); 1 494 (1/4); 1 544 (0); 1 581 (1/4); 1 600 (13); 1 645 (10); 1 674 (8); 2 932 (m); 2 961 (m); 2 992 (m); 3 017 (aF); 3 074 (F); 3 086 (F).

9° *Méthyléthylallylacétophénone :* 170; 365 (0); 402 (1/2); 562 (0); 583 (1/4); 616 (7); 683 (0); 699 (1/4); 789 (1/4); 845 (1/4); 921 (1/4); 944 (1/4); 968 (1/4); 1 001 (11); 1 030 (4); 1 162 (3); 1 185 (2); 1 211 (2); 1 242 (0); 1 302 (2); 1 340 (0); 1 391 (0); 1 420 (3); 1 450 (2); 1 492 (3/4); 1 544 (1/4); 1 582 (1/4); 1 600 (16); 1 645 (8); 1 677 (8); 2 895 (m); 2 910 (m); 2 952 (m); 2988 (m); 3 013 (aF); 3 075 (F).

10° *Monoallylacétophénone :* 171 (1); 272 (0); 540 (1/4); 567 (3); 613 (3); 998 (5); 1 024 (2); 1 056 (1/2); 1 157 (1); 1 182 (2); 1 209 (1); 1 272 (1/4); 1 293 (2); 1 302 (1); 1 312 (1/4); 1 347 (1/4); 1 416 (1); 1 442 (1); 1 490 (1/4); 1 525 (0); 1 576 (0); 1 600 (6); 1 640 (3); 1 682 (4); 2 789 (m); 2 870 (m); 2 910 (m); 3 004 (aF); 3 070 (F).

Nous apporterons une contribution aux modes de vibration de ces cétones dans une prochaine Note après avoir donné les positions des principales bandes d'absorption dans l'infrarouge de ces substances. Au sujet de la fréquence caractéristique de la liaison cétonique (vibration de tension), nous constatons que plus nous chargeons l'atome de carbone situé en $\alpha$ du $C=O$, plus la fréquence diminue (1883 pour l'acétophénone et 1674 pour l'éthyldiallylacétophénone). Nous retrouvons ici le même résultat que pour les cétones aliphatiques ([2]). La longueur de la chaîne importe peu, mais ce qui intervient c'est le nombre de chaînes substituées sur l'atome de carbone en $\alpha$ du $C=O$. Nous pouvons rapprocher cette constatation du fait que plus nous chargeons l'atome de carbone situé en $\alpha$ du CO, plus le caractère semi-ionique de la liaison $C=O$ diminue, ce qui s'explique par l'effet d'hyperconjugaison ([2]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le calcul théorique de la variation de période du* $Be^7$ *en fonction du degré d'ionisation de l'atome*. Note de Mme **Pierrette Benoist**, présentée par M. Louis de Broglie.

Plusieurs auteurs ([1]) ont étudié la possibilité de mettre en évidence une variation de la période de désintégration par capture d'électrons orbitaux du $Be^7$ sous l'influence d'une ionisation chimique.

Dans le cas du $Be^7$ la variation relative de période lors d'une transition permise donnée par la théorie de Fermi peut être remplacée par la formule approchée

$$\frac{\tau'-\tau}{\tau}=\frac{R_K^2(0)+R_{L_I}^2(0)-R_K'^2(0)}{R_K'^2(0)}, \tag{1}$$

où $R_K^2(0)$, $R_{L_I}^2(0)$ et $R_K'^2(0)$ sont proportionnels respectivement à la probabilité de présence d'un électron K et $L_I$ de l'atome neutre de $Be^7$ et d'un électron K de l'atome de $Be^{++}$ au centre du noyau.

Cette formule est obtenue en supposant la comparaison idéale d'un atome neutre où les deux électrons L sont dans l'état $s$ et d'un atome doublement ionisé. En réalité on admet que dans le Be métal les électrons L sont dans un mélange d'état $s$ et d'état $p$; de plus à l'état de fluorure le Be n'est que partiellement ionisé. La formule (1) correspond donc à une limite supérieure du rapport $(\tau'-\tau)/\tau$.

Les premiers calculs théoriques effectués ([1]) et ([2]) utilisaient pour $R(0)$ la partie radiale des fonctions hydrogénoïdes de Schrödinger où l'on introduisait,

---

(2) Jean Barriol et Claude Cherrier, *Comptes rendus* 226, 1948, p. 1979.

(1) R. Bouchez, R. Daudel, P. Daudel et R. Muxart, *Journ. de Phys.*, 11, 1947, p. 337; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 525.

(2) P. Benoist, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 243.

pour tenir compte de l'interaction entre les électrons, un $Z_{eff}$ obtenu avec les constantes d'écrans de Slater ([3]). Les règles semi-empiriques de Slater conduisent d'une façon simple au calcul du $Z_{eff}$ mais ne représentent pour chaque état une approximation suffisamment bonne que dans la région où la densité électronique correspondante est la plus grande. Elles introduisent un effet d'écran trop important dans le calcul de $R(r)$ au centre du noyau. D'autre part elles négligent l'action sur un électron donné des électrons plus extérieurs. Le départ des électrons $L_I$ ne modifie donc pas avec cette théorie la probabilité de présence des électrons K dans le noyau : $R_K'^2(0) = R_K^2(0)$.

Nous nous sommes proposé de calculer le rapport $(\tau' - \tau)/\tau$ en utilisant, pour évaluer la densité ([3]) électronique, la théorie moins maniable mais beaucoup plus exacte du champ self consistent de Hartree ([4]) (dans les deux cas où l'on néglige l'interaction d'échange entre les électrons et où l'on en tient compte).

Le tableau suivant permet alors la comparaison des différentes théories :

| | Fonctions hydrogénoïdes $Z_{eff}$ de Slater. | Théorie de Hartree sans échange. | Théorie de Hartree avec échange. |
|---|---|---|---|
| $R_K^2(0)$ | 202,61 | 213,33 | 214,60 |
| $R_{L_I}^2(0)$ | 3,71 | 8,51 | 7,18 |
| $R_K^{2'}(0)$ | 202,61 | 215,98 | 215,98 |
| $\frac{\tau'-\tau}{\tau}$ (%) | 1,8 | 2,7 | 2,6 |

1° l'amélioration apportée par la théorie du champ self consistent est importante surtout pour les électrons $L_I$ et conduit par suite à un rapport $(\tau' - \tau)/\tau$ plus élevé que la théorie de Slater;

2° les résultats de Hartree $[R_K^2(0) < R_K'^2(0)]$ mettent en évidence un deuxième effet de l'ionisation sur la période de $Be^7$ : l'augmentation de la probabilité de présence des électrons K dans le noyau après ionisation qui vient compenser dans une faible mesure la diminution de la densité électronique totale au centre du noyau provoquée par le départ des électrons $L_I$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité d'un mode de désintégration par capture* K *du nuclide* ${}^{198}_{79}Au$. Note (*) de M. **Gérard-André Renard**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans un travail précédent ([1]) nous avions trouvé un coefficient de conversion interne de : $(5 \pm 2)$ %, d'un $\gamma$ provenant de la désintégration $\beta^-$ de ${}^{198}Au$;

---

([3]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

([4]) *Proc. Roy. Soc.*, 149, 1935, p. 210; Hartree, *Proc. Roy. Soc.*, 150, 1935, p. 9.

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) G.-A. Renard, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1269-1271.

ce γ appartenant à un niveau excité du Hg., on doit observer la raie K de fluorescence du Hg, ainsi que la raie électronique Auger; si, d'autre part, le nuclide $^{198}$Au se désintègre par capture K, comme il a été suggéré (²) (³), nous observerons la raie K de fluorescence du Pt, ainsi que la raie électronique Auger correspondante. Nous avions observé (¹) l'une ou les raies Auger dans la courbe d'absorption du rayonnement électronique de $^{198}$Au, sans qu'il soit possible de préciser son ou leur origine. Nous avons étudié ce rayonnement Auger à l'aide d'un compteur proportionnel.

Le principe de cette technique de mesure (⁴) (⁵) est d'utiliser un compteur proportionnel relié à un amplificateur à gain élevé; le compteur fonctionne dans une région où le facteur de multiplication est suffisant pour que l'ionisation produite par un électron donne une impulsion décelable à la sortie de l'amplificateur; d'autre part, les dimensions du compteur sont telles que le parcours des électrons que l'on désire étudier est tout entier dans le compteur. Pour ces électrons la hauteur de l'impulsion sera une fonction croissante de l'énergie.

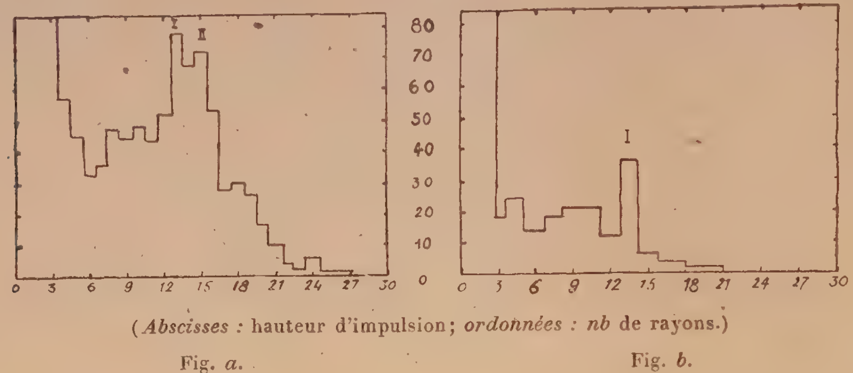
Nous avons utilisé un compteur constitué par une coque en duraluminium de $90^{cm}$ de long et de $18^{cm},5$ de diamètre intérieur, le fil est une tige de laiton de $2^{mm}$ de diamètre et de $50^{cm}$ de longueur utile, sur laquelle sont déposés : 1° l'or radioactif de période 66 heures; 2° du $^{107}$Cd de période 6-7 heures donnant du $^{107}$Ag*; la transition, en équilibre de régime, de $^{107}$Ag* donnant une raie de 93 keV qui sert à l'étalonnage. Le compteur est rempli d'argon pur à 2 % à une pression de $1^{atm},25$, une tension négative de 2 500 V est appliquée à sa coque donnant ainsi un facteur de multiplication de l'ordre de $10^3$; le fil est relié à la grille d'un préamplificateur (lampe gland 954), puis à un amplificateur à neutrons, légèrement modifié, du Commissariat à l'Énergie Atomique. L'enregistrement a été effectué : soit photographiquement, avec un oscillateur mécanique à spot lumineux, soit par l'intermédiaire d'un discriminateur et d'une échelle de 100.

Les mesures ont été effectuées le plus tôt possible après les irradiations [statistique (*fig. a*) rayonnement dû à l'or et à l'argent] et également plusieurs jours après [statistique (*fig. b*), rayonnement dû à l'or seul]. Le pic I décroît de *a* à *b* avec la période de l'or, il est donc dû à la désintégration de ce nuclide. Le pic II*a* ne se retrouve pas sur la statistique *b*, il est donc dû à la transition de l'argent, dont l'activité est devenue complètement négligeable dans la statistique *b*. Dans la bande d'énergie où sont compris ces pics, l'ionisation est sensiblement proportionnelle à l'énergie, l'énergie de la raie γ de l'Ag

---

(²) G. J. Sizoo et C. Eÿkman, *Physica*, 6, 1939, p. 332.
(³) S. Jnanananda, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 812.
(⁴) S. C. Curran, J. Angus et A. L. Cockcroft, *Nature*, 162, 1948, p. 302.
(⁵) D. H. W. Kirkwood, P. Pontecorvo et G. C. Hanna, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 497.

étant 93 keV, celles des niveaux K du Hg et du Pt respectivement 82 et 78 keV, dans le cas d'une capture K de l'ordre de quelques %, la statistique devrait montrer deux pics ou tout au moins un élargissement notable du pic I.




(*Abscisses :* hauteur d'impulsion; *ordonnées : nb* de rayons.)

Fig. *a*. Fig. *b*.

Toutefois dans cette méthode, la mesure des intensités relatives des raies nécessite une amélioration de la stabilité du compteur et de l'enregistrement. Dès que cette mise au point technique sera faite, on peut espérer faire des mesures précises de spectrographie $\beta$ dans la région des basses énergies, tout en employant des sources d'intensité très faible, ce qui ajoute encore à l'intérêt de la méthode.

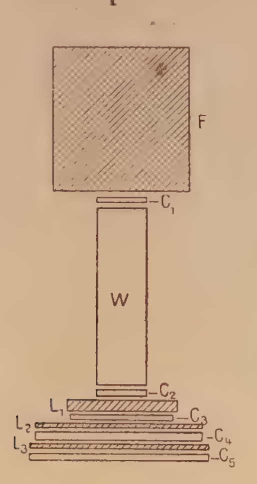
RAYONS COSMIQUES. — *Sur les mésons $\pi$ et $\mu$ dans la composante pénétrante du rayonnement cosmique*. Note (*) de MM. **Charles Peyrou** et **André Lagarrigue**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit dans deux Notes précédentes (¹) une expérience destinée à mesurer les masses des mésons du rayonnement cosmique : cette expérience a été reprise avec un appareillage amélioré. La figure montre le schéma de l'appareil : W. Wilson, F filtre de plomb, $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$, $C_5$ groupes de compteurs, $L_1$, $L_2$, $L_3$ plaques de plomb $L_1 = 5^{cm}$, $L_2 = L_3 = 1^{cm},5$. La chambre était déclenchée par les coïncidences $C_1$, $C_2$, $C_3$. Toutes les particules enregistrées avaient donc traversé $L_1$. Deux autres sélecteurs allumant des lampes témoins enregistraient les coïncidences $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$ et $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_5$.

Si l'on avait coïncidence (1, 2, 3) sans avoir ni (1, 2, 3, 4) ni (1, 2, 3, 5), la particule s'arrête dans $L_2$, son parcours est donc compris entre 5 et $6^{cm},5$ de plomb; si l'on a coïncidence (1, 2, 3) et (1, 2, 3, 4) sans avoir (1, 2, 3, 5), la particule s'arrête dans $L_3$, parcours compris entre $6^{cm},5$ et $8^{cm}$ de plomb. Le parcours de la particule étant ainsi déterminé à $1^{cm},5$ près, la mesure de

(*) Séance du 3 janvier 1949.

l'impulsion par la courbure magnétique dans la chambre de Wilson fournit la masse. Si l'on a coïncidence (1, 2, 3) (1, 2, 3, 4) (1, 2, 3, 5), la particule traverse tout et il n'y a pas de mesure possible.




Dans l'expérience effectuée l'année dernière, on n'avait qu'une seule détermination du parcours dans une plaque de $4^{cm}$ d'épaisseur. Les résultats (déjà publiés) ([1]) peuvent se résumer ainsi :

1° Si l'on place au-dessus de la chambre un filtre de plomb de $72^{cm}$ on constate la présence dans la composante pénétrante de deux particules de masses différentes (210 et 300 fois la masse de l'électron). Nous avions identifié la particule de masse 300 au méson $\pi$ de Lattès, Occhialini et Powell ([2]) et la particule 210 au méson $\mu$ [cette identification semble correcte, puisque des résultats récents obtenus au cyclotron de Berkeley donnent 286 pour le méson $\pi$ et 215 pour le méson $\mu$ ([3])].

2° Si l'épaisseur du filtre au-dessus de la chambre est ramenée à $24^{cm}$ de plomb, la proportion des mésons $\pi$ par rapport aux mésons $\mu$ diminue de manière significative.

Ce deuxième point est important : en effet, pour un parcours donné, les impulsions correspondantes d'un méson $\pi$ et d'un méson $\mu$ sont très voisines. On peut alors se demander si l'interprétation des résultats comme dus à deux particules de masses différentes n'est pas la conséquence d'une sous-estimation des erreurs de l'appareil. Mais le filtre placé au-dessus n'agit que sur le rayonnement et n'a aucune influence sur la précision de l'appareil de mesure des masses constitué par le Wilson et l'ensemble de compteurs et de plaques

---

([1]) M. Lhéritier, C. Peyrou et A. Lagarrigue, *Compte rendus*, 225, 1947, p. 1304-1306 et C. Peyrou, M. Lhéritier et A. Lagarrigue, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1271-1273.

([2]) C. M. Lattès, B. P. S. Occhialini et C. F. Powell, *Nature*, 160, 1947, p. 453.

([3]) Communication privée de MM. Lattès et Gardner.

placés au-dessous. Donc, si les mésons $\pi$ observés n'étaient qu'une apparence due aux erreurs, leur proportion devrait rester constante. L'influence de l'épaisseur du filtre de plomb est une preuve de la présence réelle des mésons $\pi$.

Dans l'expérience exécutée cette année nous avons donc cherché à confirmer avec certitude cette influence du filtre de plomb. Les expériences effectuées à l'Argentière-La-Bessée à 1000$^{m}$ d'altitude ont duré six mois. Les résultats que nous publions sont relatifs à 9000 rayons photographiés, 4500 avec 72$^{cm}$ pour le filtre, 4500 avec 24$^{cm}$.

Sur 9000 rayons, 80 ont été arrêtés dans les plaques et ont pu donner lieu à une mesure de masse. Le tableau donne $n_\pi$, nombre des mésons arrêtés et identifiés comme $\pi$; $n_t$, nombre total des mésons enregistrés dans le domaine d'impulsion où se fait la mesure des mésons $\pi$. $n_\pi/n_t$ est donc la proportion de mésons $\pi$ dans un domaine étroit du spectre de la composante pénétrante.

TABLEAU I.

| | $n_\pi$. | $n_t$. | $\frac{n_\pi}{n_t}$ (%). |
|---|---|---|---|
| Filtre 72$^{cm}$ de plomb.... | 21 | 63 | 33 |
| » 24$^{cm}$ » .... | 12 | 68 | 17,5 |

L'action de l'épaisseur du filtre sur le rapport $n_\pi/n_t$ est très nette. Si l'on ajoute à ces chiffres ceux obtenus l'année dernière, on a, sous 72$^{cm}$ de plomb :

$$\frac{n_\pi}{n_t} = 38\ \% \quad \text{pour } n_t = 87, \qquad \text{et sous } 24^{cm} \text{ de Pb } \frac{n_\pi}{n_t} = 20\ \% \quad \text{pour } n_t = 81.$$

On peut, à l'aide de ces chiffres, évaluer par le calcul des probabilités la chance pour qu'une telle différence soit due au hasard et non à un phénomène réel. Cette chance est inférieure à 3/1000. La présence des mésons $\pi$ à 1000$^{m}$ d'altitude sous 72$^{cm}$ de plomb est donc quasi certaine.

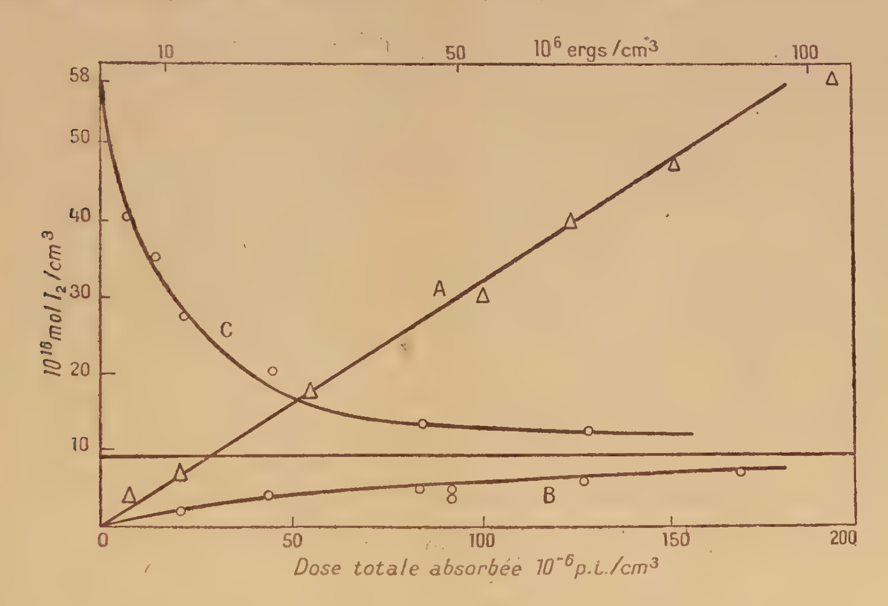
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les actions oxydantes et réductrices des rayonnements* $\alpha$ *et* X. Note (*) de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Marc Lefort**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les théories récentes sur les actions chimiques provoquées par les radiations, qui impliquent la formation des radicaux libres par le solvant, semblent interpréter d'une façon satisfaisante l'ensemble des données expérimentales connues. Le nombre de celles-ci est cependant trop restreint, pour pouvoir préciser le mécanisme exact de l'intervention des radicaux et le rôle des divers facteurs. Ceci a conduit parfois à certaines généralisations et anticipations mal étayées par l'expérience et que celle-ci doit vérifier. Nous avons entrepris dans

(*) Séance du 3 janvier 1949.

ce but une étude systématique des réactions d'oxydation et de réduction en essayant de déterminer le rôle de la nature du rayonnement, l'influence de la dose totale absorbée, du pH et de la température des solutions, de l'oxygène, de la concentration, de la nature du solvant, etc. Le rôle des deux derniers facteurs, de même que la cinétique des processus et la technique des opérations et mesures, feront l'objet des Notes ultérieures [1].

*Iodure-iode.* — Toutes nos expériences ont été réalisées, sauf indication contraire, avec des solutions aqueuses M/1000, neutres (pH 5,6 pour KI; 4,8 pour $I_2$). Contrairement à l'affirmation de divers auteurs basée sur une généralisation non justifiée des expériences de Fricke et conformément aux résultats de Kailan [2] et de Clark et Pickett [3], de Laninng et Lind [4], l'irradiation de KI conduit à la formation d'iode moléculaire. Avec les rayons $\alpha$ (radon), l'oxydation croît linéairement avec la dose absorbée et devient totale pour $108.10^6$ erg/cm³ (courbe A de la figure). Avec les rayons X, par contre,




on atteint un équilibre, lequel en l'absence d'oxygène et en solution de $H_2SO_4$ N/100 (pH 2,2) est de 25 % de KI oxydé (courbe B). Le même équilibre est atteint, lorsqu'on soumet, dans les conditions indiquées, une solution d'iode, à l'action des rayons X (courbe C), tandis qu'on n'observe aucune réduction avec les rayons $\alpha$.

Les courbes de la figure montrent encore que le rendement initial de

---

(1) Bonnét-Maury et Lefort, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1363.

(2) *Wien. Ber.*, 122, 1913, p. 787.

(3) *J. amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 465.

(4) *J. Phys. Chem.*, 42, 1938, p. 1229.

l'oxydation (molécules/paires d'ions) est environ 2 fois supérieur avec les $\alpha$. En passant du pH 5,6 à 2,2 ce rendement augmente 6 fois pour les $\alpha$ et de 3 à 4 fois pour les X. Le pH ne semble pas jouer un rôle essentiel dans la réduction.

Nous pouvons confirmer les observations de Fricke et Hart (5) et de Allen (6), suivant lesquelles la présence d'ions $I^-$ favorise la formation de $H_2O_2$ sous l'action des rayons X relativement à l'eau pure. Nous avons observé le même effet avec les rayons $\alpha$, pour lesquels nous avons noté une augmentation de 10 % environ (entre 40 et $200.10^{16}$ paires d'ions/$cm^3$). Par contre, la formation de $H_2O_2$ diminue lors de la réduction de $I_2$.

Avec KI M/1000 le rendement de l'oxydation par $\alpha$ à —190° est environ cinq fois inférieur à celui qu'on mesure à 18°. Il augmente avec la concentration et pour une solution 1M il est pratiquement le même qu'à la température ordinaire. L'effet est analogue avec les X.

*Iodate*. — Nous avons observé, d'autre part, que $KIO_3$ M/1000, en solution neutre, et en l'absence d'oxygène, est réduit, tant par les $\alpha$ que par les X, fait signalé déjà dans le dernier cas par Chamberlain. Le rendement cependant est de 5 à 6 fois inférieur à celui de la décomposition de KI.

*Nitrite-nitrate*. — $KNO_2$ M/1000 à pH 6,1 est oxydé en nitrate, $KNO_3$ M/1000 au même pH est réduit en nitrite par les deux espèces de rayonnement (7), la réduction étant, pour une dose donnée, moins importante que l'oxydation. D'autre part, le rendement de la réduction semble meilleur avec les X, celui de l'oxydation avec les $\alpha$. Dans ce dernier cas, la quantité de $H_2O_2$ trouvée est considérablement réduite tant lors de l'oxydation que lors de la réduction. Par contre, avec les X, même en l'absence d'oxygène, on observe la formation de $H_2O_2$ lors de la réduction, tandis qu'au cours de l'oxydation en présence de ce gaz, le rendement est diminué relativement à l'eau.

Ces expériences mettent dès maintenant en évidence les différences profondes entre les actions des particules à ionisation dense et celles des rayons X. Elles montrent également que, d'une façon générale (mais pas toujours), les réductions se font plus difficilement que les oxydations, surtout lorsqu'il s'agit du rayonnement $\alpha$.

## CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'isomorphisme des perchlorates alcalins.*

Note (*) de M. **Georges Kayas**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La loi de Mitscherlisch a eu une grande importance pour la chimie et a joué un rôle capital dans le choix du système de nombres proportionnels à un

(5) *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 596.

(6) *J. Phys. Chem.*, 52, 1948, p. 479.

(7) La réduction de $KNO_3$ par les rayons X a été déjà signalée par Clark et Pickett.

(*) Séance du 17 janvier 1949.

moment où les méthodes d'investigation étaient beaucoup moins précises et moins nombreuses qu'elles ne le sont à l'heure actuelle.

Il serait par conséquent intéressant de voir si cette loi s'applique dans le cas où l'un des constituants se trouve en quantité minime par rapport à l'autre.

Nous avons eu à notre disposition un mélange de chlorures de sodium et de potassium dont le premier, en quantité impondérable et indosable chimiquement, provenait de l'irradiation d'une cible de magnésium au faisceau de deutons produit par le cyclotron du Collège de France, et contenait les isotopes $Na^{22}$ et $Na^{24}$. Nous avions d'ailleurs laissé décroître l'isotope 24 pour avoir à travailler avec la période propre de trois ans de l'isotope 22.

Le mélange était sous forme de poudre contenant environ 500$^{mg}$ de chlorure de potassium. En ce qui concerne le sodium, il ne contenait que la quantité produite pendant l'irradiation, et les impuretés éventuelles contenues dans le magnésium.

Ayant voulu séparer les deux métaux Na et K, nous avons eu recours à la méthode au perchlorate, qui consiste à traiter à plusieurs reprises par l'acide perchlorique, évaporer à sec et extraire le perchlorate de soude par l'alcool à 96°. Malgré les épuisements répétés à l'alcool, nous avons remarqué que le perchlorate de potasse retenait toujours une petite activité due au $Na^{22}$ qui persistait après 10 extractions.

Cette activité mesurée au compteur Geiger-Müller était de 0,18 impulsion/mg/min de sel. Nous avons ensuite dissous ce perchlorate de potasse dans l'eau et nous avons effectué une première cristallisation. Les cristaux après filtration et lavage soigné à l'eau, légèrement acidulée à l'acide perchlorique, afin de nous mettre à l'abri des adsorptions à la surface des cristaux, donnaient une activité de 1 impulsion/mg/min. Les eaux-mères ont été soumises à une nouvelle cristallisation et ainsi de suite.

Chaque fois nous avons pris soin de bien laver les cristaux.

On voit que les cristaux se comportent comme une phase unique.

On peut donc conclure que la loi de Mitscherlisch s'applique dans le domaine précisé précédemment, au moins pour le système $KClO^4 - NaClO^4$.

Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau suivant :

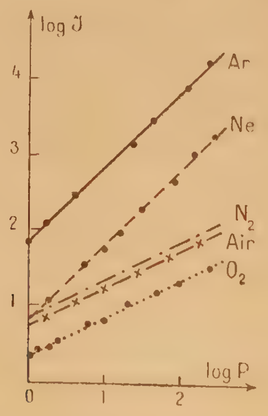
| | Volume de la solution V en cm³ | Activité spécifique des cristaux obtenus en imp/min/mg. $a$ | | |
|---|---|---|---|---|
| 1re cristallisation. | $V_1 = 100$ | 0,18 | $V_1 : V_2 = 5,53$ | $a_1 : a_2 = 17,6$ |
| 2e » | $V_2 = 17,9$ | 1,02 | $V_2 : V_3 = 5,43$ | $a_2 : a_3 = 18,0$ |
| 3e » | $V_3 = 3,3$ | 5,65 | $V_3 : V_4 = 5,50$ | $a_3 : a_4 = 17,9$ |
| 4e » | $V_4 = 0,6$ | 31,50 | | |

RADIOCHIMIE. — *Émission de rayonnement ultraviolet dans les gaz traversés par les particules* $\alpha$. Note (*) de M. **René Audubert** et Mme **Solange Lormeau**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'influence chimique des particules $\alpha$ est un phénomène connu depuis ongtemps. D'autre part, décelés grâce à des compteurs photoélectriques, de nombreux processus chimiques s'accompagnent d'émission de rayonnement ultraviolet. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier au moyen de ces dispositifs les possibilités d'émission de différents gaz soumis à l'influence des particules $\alpha$. L'expérience met, en effet, en évidence l'existence d'une forte émission d'ultraviolet dont nous avons déterminé l'intensité au moyen de compte-photons à CuI.

Ces recherches ont été effectuées sur les gaz suivants : air, $O_2$, $N_2$, $H_2$, Ne, Ar, dont les pressions étaient comprises entre 1mm et 300mm de mercure à la température ordinaire. Les gaz étaient contenus dans un tube cylindrique de 10cm de long et de 4cm de diamètre, fermé par des fenêtres de quartz. La source de polonium (20 000 unités) était collée à la paroi intérieure du cylindre et convenablement diaphragmée. Dans tous les cas, le faisceau de rayons $\alpha$ s'étendait sur tout le diamètre du cylindre dans le domaine de pressions considéré. Le photocompteur était disposé perpendiculairement au faisceau et placé devant l'une des fenêtres de quartz. Dans ces conditions le trajet des particules déchaîne, ainsi que le montre la courbe de Bragg, une ionisation sensiblement proportionnelle à la pression jusqu'à des valeurs de l'ordre de 300mm de mercure.

Les résultats obtenus montrent, comme on peut le constater sur la figure,




Émission d'ultraviolet dans différents gaz soumis à l'action des rayons $\alpha$,
Courbes rapportées à une même sensibilité du photocompteur.

que les intensités d'ultraviolet observées sont proportionnelles à la racine carrée de la pression dans le cas des gaz biatomiques ($O_2$, $N_2$, air) et proportionnelles à la pression pour des gaz monoatomiques Ne, Ar).

(*) Séance du 20 décembre 1948.

Il était d'abord naturel d'attribuer l'émission à la recombinaison des ions, mais une expérience faite en captant par un champ électrique (200 à 2 000 V/cm) les centres ionisés, a montré que dans ces conditions l'intensité du rayonnement émis restait la même.

Dans le cas des gaz biatomiques on peut supposer que l'énergie lumineuse trouve son origine dans un processus de recombinaison d'atomes en molécules. Ce mécanisme est sans doute peu vraisemblable, car, s'il est possible de l'imaginer pour l'azote dont la chaleur de formation est de 200 Kcal, il ne pourrait être invoqué pour l'oxygène dont la chaleur de formation est de 117 Kcal, contenu d'énergie insuffisant pour rendre compte d'une émission allant jusqu'à 2 000 Å. D'ailleurs, en admettant que les 200 Kcal correspondant à la recombinaison des atomes d'azote en molécules puissent expliquer les photons observés, on montre aisément qu'une cinétique basée sur ce processus conduirait à une émission proportionnelle à la pression et non à la racine carrée de cette grandeur. Des émissions par désactivation de molécules excitées conduisent à la même conclusion. La seule hypothèse qui reste alors à formuler est d'admettre que ces émissions d'ultraviolet sont imputables à des désactivations d'atomes activés par les particules $\alpha$. Dans le cas de l'oxygène par exemple, on aurait

$$O_2 + \alpha \rightarrow O + O^* + \alpha, \qquad O^* \rightarrow O + h\nu, \qquad O + O \rightarrow O_2,$$

$$\frac{-d[O_2]}{dt} = KP = k_1[O][O^*] + k_2[O]^2 + k_3[O^*]^2,$$

$$KP \approx k_2[O]^2, \qquad [O] = \sqrt{\frac{K}{k_2}}\,P.$$

D'autre part, la cinétique relative aux atomes excités donne de même

$$K'P \approx k_1[O][O^*]$$

d'où, en désignant par $\mathcal{I}$ l'intensité du rayonnement

$$\mathcal{I} = \frac{-d}{dt}[O^*] = k_4[O^*] = \frac{K'P}{k_1\sqrt{\frac{K}{k_2}}\,P} = k_5\sqrt{P}.$$

En ce qui concerne la désactivation des gaz monoatomiques, la désactivation d'atomes exités par les particules $\alpha$ rend directement compte de la proportionnalité de l'émission à la pression.

L'hydrogène présente des résultats différents et complexes. Dans un certain domaine de pressions ($1^{mm}$ à $30^{mm}$ de mercure) l'intensité du rayonnement serait proportionnelle à la racine cubique de la pression. Il semble donc que pour ce gaz il soit nécessaire, tout au moins dans certaines conditions, de faire appel

à l'existence de molécules $H_3$ dont le rôle à déjà été invoqué par Eyring, Hirschfeller et Hugh Taylor ([1]) à propos de l'action des particules $\alpha$ sur ce gaz.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Relation entre le caractère naphtoide de polycycles hétéro-aromatiques et leurs diagrammes de liaison mobile.* Note (*) de M. **Jacques Metzger**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'accolement de deux cycles à caractère aromatique se traduit habituellement par une fixation plus ou moins prononcée de leurs *liaisons doubles*. Les deux exemples les plus typiques sont le benzène (aucune fixation des liaisons doubles) et le naphtalène (fixation partielle de liaisons doubles en position $\alpha$-$\beta$) dont le comportement chimique a servi autrefois à distinguer les systèmes à caractère benzoïde (ou benzénoïde) pour lesquels toutes les liaisons sont équivalentes, des systèmes à caractère naphtoïde pour lesquels on remarque une différence entre la nature simple ou double des différentes liaisons.

Des travaux de Fries et Wolter ([1]) sur l'annellation de Skraup appliquée à l'amino-5 méthyl-2 benzothiazole, et des travaux de Ochiai et Kokeguchi ([2]) sur la transposition de Claisen et la copulation diazoïque appliquées à l'hydroxy-5 méthyl-2 benzothiazole et à l'hydroxy-7 quinoléine, conduisent aisément ([3]) à classer ces cycles dans l'ordre suivant, où le caractère naphtoïde est de plus en plus marqué :

benzène $\ll$ méthyl-2 benzothiazole $<$ quinoléine $<$ naphtalène.

Ceci revient à admettre que, pour ces molécules, la différence de caractère double entre les liaisons $\alpha$-$\beta$ et $\beta$-$\beta'$ va en croissant dans le même ordre.

Ayant eu l'occasion de calculer, par la méthode des Orbites Moléculaires ([4]), le diagramme moléculaire du méthyl-2 benzothiazole et celui du benzothiazole ([5]), et connaissant d'autre part ceux du benzène, du naphtalène et de la quinoléine ([6]), il nous a semblé intéressant de vérifier la validité de cette déduction. La portion intéressante de ces diagrammes est reproduite sur la

---

([1]) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 479.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Lieb. Ann.*, 60, 1937, p. 527.

([2]) *Journ. Pharm. Soc. Japon*, 60, 1940, p. 98.

([3]) J. Metzger, *Thèse Science*, Nancy, 1948.

([4]) *Cf.* J. Metzger, 2e *Thèse Sciences*, Nancy, 1948.

([5]) *Cf.* réf. ([3]) et J. Metzger et A. Pullmann, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1613; A. Pullmann et J. Metzger, *Bull. Soc. Chim.*, 1948 (sous presse), et J. Metzger et A. Pullmann, *ibid.*

([6]) *Cf.* par exemple, C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 1947, p. 929.

figure ci-dessous :

0,667 $\Delta = 0$ 0,667 — 0,603 $\Delta = 0,122$ 0,725 — 0,615 $\Delta = 0,086$ 0,701 N

0,709 S 0,626 $\Delta = 0,083$ N — 0,705 S 0,629 —$CH_3$ $\Delta = 0,076$ N

Les liaisons α-β et β-β′ du cycle benzénique isolé ou accolé à d'autres cycles aromatiques sont caractérisées par leur indice de liaisons mobiles (4). La différence Δ entre les indices des deux liaisons envisagées est indiquée dans chaque cas.

On constate que la différence entre l'ordre de liaisons mobile α — β et β — β′ de ces divers cycles évolue bien dans le sens prévu. Si l'on tente de traduire numériquement le % de caractère naphtoïque du cycle envisagé en attribuant le nombre 100 au naphtalène et le chiffre 0 au benzène, on obtient pour les divers cycles figurés :

Benzène, 0 % ; méthyl-2 benzothiazole, 62 % ; benzothiazole, 68 % ; quinoléine, 78 % ; naphtalène, 100 %.

Ces nombres n'ont évidemment qu'une valeur de comparaison, et seul leur ordre de grandeur nous intéresse. Il n'en demeure pas moins qu'ils se rangent dans le même ordre que celui que fournit l'étude de réactivité chimique. En outre et inversement, les diagrammes moléculaires des polycycles aromatiques devront fournir d'utiles renseignements sur le caractère naphtoïde plus ou moins prononcé de leurs liaisons. C'est ainsi que nous pouvons prévoir que le benzothiazole doit présenter un caractère naphtoïde légèrement plus marqué que le méthyl-2 benzothiazole.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isomorphisme d'un chlorate et d'un nitrate basique de magnésium.* Note (*) de Mme **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Paul Pascal.

D'une manière générale, on peut obtenir des sels basiques correspondant aux sels de magnésium très solubles en faisant agir sur les solutions concentrées des sels neutres, soit à l'ébullition le carbonate normal de magnésium trihydraté, soit à froid ou à chaud le magnésium métallique, la magnésie anhydre ou hydratée, un hydroxyde alcalin.

Ces procédés appliqués au chlorate donnent un sel basique dont le diagramme de rayons X obtenu par la méthode des poudres présente une analogie frappante avec celui du nitrate $(NO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$. Cette similitude extraordinaire,

(*) Séance du 10 janvier 1949.

due sans doute à l'isomorphisme des deux sels, est nettement mise en évidence par la comparaison de leurs distances réticulaires. Les distances des plans réticulaires du nitrate basique ont été précédemment données [1]. Celles du chlorate en Å sont les suivantes : 6,93 (FF); 4,75(ff); 3,99(ff); 3,56 (F); 2,72(ff); 2,54(FF); 2,36(ff); 2,16(FF); 2,04(ff); 1,98 (ff); 1,91(ff); 1,86(ff); 1,79(F); 1,69(ff); 1,64(ff); 1,58(F); 1,54(F); 1,49(F); 1,41(f); 1,34(m); 1,27(m); 1,19(m); 1,13(m); 1,06(f); 1,02(m); 0,991(m); 0,947(m); 0,909 (f); 0,903(f); 0,894(m); 0,880 (ff); 0,856(f); 0,836(f); 0,789(m); 0,787(f); 0,784(m); 0,781 (f).

Les raies du chlorate et du nitrate se correspondent deux à deux; des différences légères se marquent pour quelques raies, en particulier pour les distances 3,56, 1,79 et 1,49, les distances correspondantes pour le nitrate étant 3,46, 1,77 et 1,46. Par ailleurs 6 raies très faibles apparaissent dans le diagramme du chlorate, qui manquent dans celui du nitrate (2,04, 1,98, 1,91, 1,86, 1,69, 1,64), et 2 raies extrêmement faibles peuvent être décelées dans le spectre du nitrate qui restent invisibles dans celui du chlorate (1,39 et 1,16).

Le tableau suivant groupe les conditions expérimentales et les résultats analytiques relatifs aux produits présentant le spectre caractéristique :

| Concentration en chlorate en mol/l. | Réactif ajouté. | Température. | Durée. | Composition du précipité lavé à l'alcool et séché sur $P_2O_5$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\frac{(ClO_3)_2}{Mg}$. | $\frac{H_2O}{Mg}$. |
| 3,5......... | MgO | 25° | 1 mois | 0,169 | 0,75 |
| 4,75......... | $Mg(OH)_2$ | 128° | 2 jours | 0,163 | 0,92 |
| 5,00......... | $CO_3Mg, 3H_2O$ | ébull. | 2 » | 0,183 | 0,78 |
| 5,5......... | » | » | 4 » | 0,182 | 0,77 |
| Rapport théorique pour $(ClO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$......... | | | | 0,200 | 0,80 |

Les résultats ne sont pas en contradiction avec la formule

$$(ClO_3)_2Mg, \quad 4Mg(OH)_2$$

imposée par l'isomorphisme du chlorate et du nitrate.

L'étude systématique des mélanges chlorate de magnésium, magnésie, eau, dont les équilibres s'établissent très lentement à la température ordinaire, permettra vraisemblablement de fixer la zone d'existence du chlorate basique à l'état de pureté.

Mais nous pouvons, dès à présent, admettre pour le sel basique de magnésium nouveau, qui peut se former de 25° à 125° dans les solutions concentrées de chlorate, la formule $(ClO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$.

---

[1] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 846.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les phényl-semicarbazones des aldéhydes. Méthode de préparation des α-alcoyl-β-phényl-carbamyl-hydrazines.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de mes recherches sur les hydrazines α, β-disubstituées et leurs produits d'oxydation (azoïques, hydrazones etc.) j'ai montré [1] que l'action des organomagnésiens mixtes sur les hydrazones N substituées des aldéhydes peut être représentée par le schéma général (A) (I, II, III et IV) [2] :

$$
(A)\left\{\begin{array}{lll}
\text{I.} & R'.CH:N.N(R'').R''' & \xrightarrow{RMgX} R'.(R)CH.NH.N(R'').R'''\ (a), \\
\text{II.} & \text{»} & \text{»}\quad R'.CN\ (b) + NH(R'').R''',\ (b') \\
\text{III}\ (^3). & \text{»} & \text{»}\quad R'.CH:N.NH.R''\ (c) + R'''R\ (c'), \\
\text{IV.} & R'.CH_2.CH:N.N(R'').R''' & \xrightarrow{RMgX} R'.CH:CH.NH.N(R'').R'''\ (d)\ (^4)
\end{array}\right.
$$

(où R = alcoyle, aryle, naphtyle, etc.; R″ = H, alcoyle, aryle, etc.; R‴ = alcoyle, aryle, acidyle).

L'importance relative des réactions I, II, III et IV du schéma (A) dépend des conditions expérimentales. Lorsque la réaction I est prépondérante, le traitement des hydrazones par le réactif de Grignard constitue un excellent procédé pour la préparation des composés du type (*a*), difficilement accessibles par d'autres méthodes.

La présente Note contient quelques exemples où le schéma (A) se réduit pratiquement à la réaction I. J'ai constaté, en effet, que, comme pour certaines N-acidyl-N-phénylhydrazones du benzaldéhyde [5], en faisant agir, en milieu

---

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910; 223, 1946, p. 804; *Praktitka de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 117 (et recherches inédites).

(2) A ces réactions I, II, III et IV on doit ajouter celle de la cyclisation de quelques hydrazones (formation des composés hétérocycliques) (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910). Il est à noter que, excepté la réaction I, les autres réactions peuvent, dans certains cas, avoir lieu non seulement sous l'influence du réactif de Grignard, mais aussi sous celle d'autres agents physiques et chimiques (chaleur, solvant, etc.).

(3) Cette réaction est fréquente, surtout pour R‴ = acidyle.

(4) L'évolution des composés (*a*), (*b*), (*b′*), (*c*), (*c′*) et (*d*) en milieu éthéromagnésien étant trop connue, elle n'a pas été mentionnée dans la présente Note. Je dois pourtant signaler que, parmi les réactions dérivées, la réaction

$$R'.(R)CH.NH.NH.R'' \xrightarrow{-H^2} R'.(R)CH.N:N.R'' \rightarrow R'.(R)CH.CH(R).R'$$

s'observe souvent surtout lorsque R, R′ = aryle.

(5) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910. En général, les N-acidyl-N-phénylhydrazones des aldéhydes se comportent vis-à-vis du réactif de Grignard comme les N-acidylhydrazones des aldéhydes. Ainsi, par exemple, les benzoylhydrazones de quelques aldéhydes traitées par le réactif de Grignard fournissent, comme la N-benzoyl-N-phénylhydrazone du benzaldéhyde, des α-alcoyl-β-benzoyl-hydrazines (recherches inédites qui feront l'objet d'un Mémoire ultérieur).

éthéré, un excès d'organomagnésiens mixtes sur les phénylcarbamylhydrazones des aldéhydes (*e*), on obtient très facilement les α-alcoyl-β-phénylcarbamylhydrazines (*f*) ($R^t > 90\%$). A ma connaissance, aucun composé de type (*f*) n'a été signalé jusqu'ici.

$$R^{IV}.CH{:}N.NH.CO.NH.C_6H_5 \quad (e) \qquad R^{IV}.(R^V)CH.NH.NH.CO.NH.C_6H_5 \quad (f)$$

Ainsi le traitement de la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde ($R^{IV} = C_6H_5$) par $C_2H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone de l'aldéhyde propionique ($R^{IV} = CH_2.CH_3$), $C_{10}H_{13}ON_3$, F 122° (alc.), par $C_6H_5.MgBr$ fournit l'α-[1-phénylpropyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV} = C_6H_5$; $R^V = C_2H_5$), $C_{16}H_{19}ON_3$, F 164° (alc).

L'action de $C_6H_5.MgBr$ sur la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde conduit à l'α-benzhydryl-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV} = R^V = C_6H_5$), $C_{20}H_{19}ON_3$, F 226° (dioxanne).

La condensation de la phénylcarbamylhydrazone de l'anisaldéhyde avec $C_2H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone de l'aldéhyde propionique avec *p*-$CH_3O.C_6H_4.MgBr$ donne l'α-[1-(*p*-méthoxyphényl)-propyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV} = p$-$CH_3O.C_6H_4$; $R^V = C_2H_5$), $C_{17}H_{21}O_2N_3$, F 171° (benzène ou alcool).

Enfin, le traitement de la phénylcarbamylhydrazone de l'anisaldéhyde avec $C_6H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde avec *p*-$CH_3O.C_6H_4.MgBr$ fournit l'α-[1-(*p*-méthoxyphényl)-benzyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV} = p$-$CH_3O.C_6H_4$; $R^V = C_6H_5$), $C_{21}H_{21}O_2N_3$, F 218° (dioxanne).

Les α-alcoyl-β-phénylcarbamyl-hydrazines précédentes se présentent sous forme d'aiguilles feutrées incolores ([6]).

Je poursuis ces recherches.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Analyse de Patterson-Fourier de la forme losange des iodures de palmityl- et de stéaryl-choline.* Note (*) de M^lle **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Les cristaux de la forme B ([1]) des iodures de palmityl- et de stéaryl-choline, se présentent en larges feuillets plans, très minces, d'angle de face 53°. Ils sont

---

([6]) La structure de ces différentes phénylsemicarbazides a été également confirmée par leur absorption dans l'U. V. moyen.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) M. Loury, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 682; C. Stora, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 107, et *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 994.

tous deux *tricliniques*, avec deux molécules par maille élémentaire, c'est-à-dire, en principe, guère accessibles à une détermination structurale précise.

Une première analyse de Patterson-Fourier, effectuée en utilisant la méthode de l'atome lourd, précise cependant le caractère à la fois ionique et moléculaire de ces cristaux.

Sur la figure (1) relative à l'iodure de palmitylcholine, ce caractère ionique

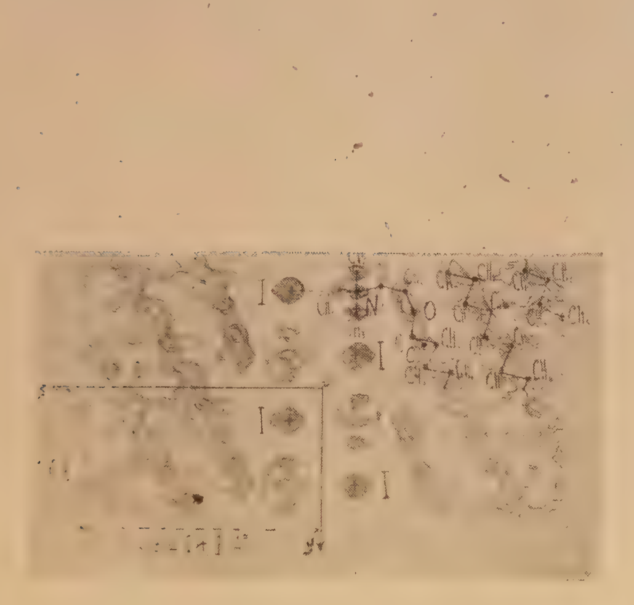


Fig. 1. — Projection de Fourier Oyz de l'iodure de palmitylcholine.
$I\ldots(CH_3)_3.N.(CH_2)_2.O_2.C.(CH_2)_{14}.CH_3$.

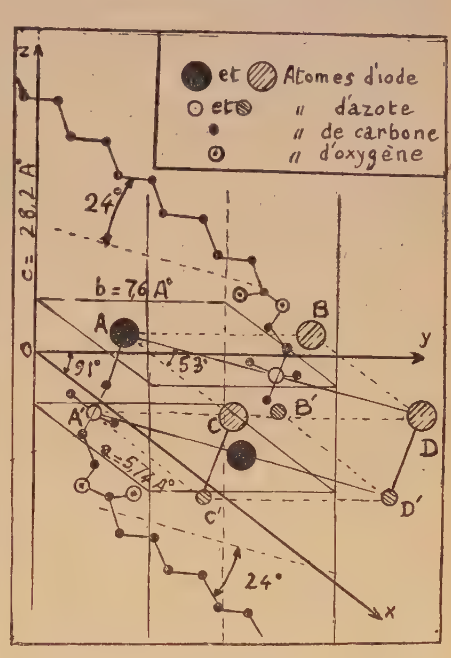



Fig. 2. — Structure de l'iodure de palmitylcholine.

se manifeste par l'alternance régulière des atomes d'halogène et d'azote (un halogène étant équidistant de quatre azotes et réciproquement) formant un damier à peu près plan, parallèle au plan $xOy$ (001), et par la présence dans la maille voisine d'un second damier plan d'halogènes et d'azotes, équidistant du premier par rapport au plan $xOy$, mais décalé par rapport à lui de telle sorte que, dans l'espace, un azote soit équidistant de cinq iodes et un iode équidistant de cinq azotes. La distance iode-azote est, pour les deux substances, voisine de 4,78 Å. Cette valeur est compatible avec la valeur de 3,65 Å fournie par Hendricks [2] pour l'électrovalence iode-azote des iodures d'amines grasses, par suite de l'encombrement supplémentaire des groupes méthyles de l'azote triméthylé.

(²) *Zeits. f. Krist.*, 68, 1928, p. 139.

Le caractère moléculaire des cristaux ressortit au reste choline-acide gras des composés. C'est l'angle de la longue chaîne de l'acide gras (R-COO--) avec le résidu cholinique (---$(CH_3)_3$-N-$(CH_2)_2$-) qui impose à la maille son caractère triclinique. La longue chaîne de l'acide gras, parfaitement visible tant sur les projections de Patterson que sur les projections de Fourier, s'étale sur trois mailles élémentaires (telle qu'elle fut arbitrairement définie) à partir de l'atome d'azote. La distance latérale de deux chaînes grasses voisines est d'environ 3,5 Å (forces de Van der Waals). Le plan des $CH_3$ terminaux des molécules est parallèle au plan 001, expliquant le clivage relativement facile dans cette direction.

Ces données structurales acquises, on en conclut que la fixité des paramètres $a$, $b$ et $\gamma$, observée quand on passe du palmitate au stéarate, relève de la présence du double damier des électrovalences, lequel demeure le même pour les deux substances.

Les plans diagonaux du damier, AD, A'D' et BC, B'C' (*fig.* 2) qui sont les plus denses en atomes, font avec le plan AC, A'C' parallèle à $a$ un angle de 53° qui est l'angle de la face des cristaux. Mais c'est la diagonale AD, très faiblement oblique sur la chaîne grasse qui correspond à la grande arête de pousse des cristaux, le cristal présentant seulement le long de cette arête une extinction à peu près droite.

La longue chaîne grasse s'incline sur les axes $Ox$, $Oy$, $Oz$, des angles de (—56°), (—46°) et (+66°), c'est-à-dire qu'elle émerge du plan $xOy$ sous l'angle de 24° environ, valeur en bon accord avec l'angle moyen de 22° que fait le grand axe de l'ellipsoïde des indices avec la face 001 du cristal.

Par ailleurs, la présence et la rigidité du double damier des électrovalences, jointes à la très grande inclinaison des chaînes grasses sur le plan de la face, permettent de comprendre la pousse des cristaux en larges feuillets plans. Le feuillet élémentaire serait constitué par deux demi-mailles contiguës et s'accroîtrait dans son plan $ab$ par adjonction d'une molécule, fixée rigidement par son électrovalence I-N dans le double damier médian.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la surface d'érosion polycyclique de l'Antiliban et de l'Hermon.* Note (*) de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Pas plus que celui du Liban, le relief de l'Antiliban et de l'Hermon n'est purement structural ([1]).

Le détail de la datation y est cependant plus difficile à établir qu'au Liban parce qu'on y possède moins de coupes caractéristiques. Néanmoins ces massifs

---

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2166-2168.

ayant une histoire géologique semblable à celle de ce dernier et lui étant directement accolés, on peut y retrouver la même évolution morphologique ([2]).

1° *Pénéplanations de l'Antiliban et de l'Hermon au Tertiaire.* — A leur contact avec la Bekaa, les couches cénomaniennes de ces massifs, bien qu'elles soient très redressées, sont recoupées par la surface topographique qui correspond donc à une surface d'érosion ($S_1$); celle-ci est fossilisée à l'Ouest par le Nummulitique (Lutétien) qui forme crêt tout le long de la Bekaa. Ce crêt et son revers sont eux-mêmes arasés par une surface d'érosion qui se prolonge dans l'Antiliban et dans l'Hermon. Étant donnée la similitude de l'histoire géologique de ceux-ci et du Liban et la présence d'une surface polycyclique de l'autre côté de la Bekaa (avant-monts libanais), on peut identifier cette dernière surface avec la surface polycyclique ($S_2$, $S_3$, $S_4$) du Liban.

Dans le Qalamoun (façade orientale de l'Antiliban), des reconnaissances rapides nous permettent de penser que le relief n'est pas non plus purement structural et que des traces d'anciens cycles y subsistent encore.

On est donc en présence de la même surface polycyclique qu'au Liban, la présence d'importants matériaux détritiques datant de la fin du Néogène dans la Bekaa comme dans le Qalamoun confirment cette manière de voir ([3]).

3° *Extension de la surface polycyclique.* — Elle s'étend sur tout le Dj. Hassié (jusqu'à 1600-1700$^m$ d'altitude), sur la bordure de l'Antiliban (jusque vers 2100$^m$) où elle forme notamment, au Sud de l'Ouadi Yafoufa, les plateaux qui sont compris entre la Bekaa d'un côté, la vallée de Serrhaya et le bassin de Zebedani de l'autre. Plus au Sud encore, elle a laissé son empreinte sur tous les reliefs situés entre l'Antiliban et l'Hermon ainsi que sur ceux qui se trouvent entre ce dernier et l'Ouadi Teim; elle s'y élève jusque vers 1700$^m$.

Tout donne à penser qu'elle ceinture l'Antiliban et l'Hermon à l'Est comme elle le fait à l'Ouest.

4° *Conclusions concernant l'Antiliban et l'Hermon.* — Ce sont presque les mêmes que pour le Liban : le relief y a été préparé de longue date et les traces des anciennes érosions y sont encore très sensibles. Partout où elles s'étendent encore, les gorges récentes y sont les éléments les plus marquants de la morphologie, et l'érosion différentielle n'a encore que très peu joué. La surface polycyclique est très énergiquement plissée, mais ses axes de déformation restent les mêmes que ceux des accidents qui avaient affecté précédemment les couches. Sa conservation à des altitudes beaucoup plus fortes qu'au Liban tient à plusieurs facteurs : niveau de base moins déprimé, pluies beaucoup moins abondantes fournissant par conséquent un agent érosif beaucoup plus faible, précarité du ruissellement due à la nature presque exclusivement karstique des massifs de l'Antiliban et de l'Hermon. Comme au Liban, on peut

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 257.

([3]) L. Dubertret et H. Vautrin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 69-71.

distinguer une zone périphérique où le relief est commandé surtout par les restes de la surface polycyclique et une région centrale, plus élevée, où les formes structurales dominent exclusivement.

5° *Conclusions générales.* — On a vu que l'évolution morphologique du Liban, de l'Antiliban et de l'Hermon avait consisté essentiellement : dans la formation d'une surface polycyclique durant les périodes d'exondation du Tertiaire (principalement au Pontien, puis à la fin du Pliocène et au Quaternaire), ainsi que dans l'attaque de cette surface qui a abouti, partout où sa destruction est assez avancée, à un relief structural préalpin de grande ampleur.

Cette évolution paraît bien être la même sur toute la bordure orientale de la Méditerranée qui a connu, à peu de choses près, la même histoire géologique et orogénique ([4]).

Le Djebel Ansarieh se présente en tout point comme un second Liban quoique de carrure plus réduite. Sa terminaison périclinale au Sud est pénéplanée et fossilisée par des restes de la nappe basaltique de l'Akkar ([5]). Son centre, au contraire, est le domaine des formes structurales : crêts formés par la retombée des couches cénomaniennes, mont jurassique donnant l'arête sommitale.

La Palestine, en son entier, est un pays usé. Sa topographie ne correspond pas aux surfaces structurales des couches. Aucun relief structural important ne s'y décèle, le défoncement de la surface polycyclique y étant à peine amorcé par suite de l'altitude relativement faible des massifs palestiniens. Les reliefs jeunes y sont l'œuvre des grandes fractures qui sont de date très récente.

Les massifs de la côte orientale de la Méditerranée se sont formés par à-coups durant la fin du Secondaire et durant le Tertiaire. Le relief actuel paraît presque partout être formé par une surface polycyclique, principalement pontienne et post-plaisancienne, qui a été très énergiquement plissée selon les mêmes axes que les déformations antérieures. C'est seulement dans les massifs les plus élevés et dans la partie centrale de ceux-ci que l'érosion a pu faire disparaître toute trace de cette surface et développer un relief structural, mettant en valeur les différentes couches selon leur dureté respective. A part ce cas, il n'est de reliefs jeunes que ceux dus aux gorges et aux grandes failles.

Cette évolution morphologique rappelle celle de l'Anatolie ([6]).

---

([4]) *Voir* L. Dubertret, *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2e édit.). Beyrouth, 1941-1943; Leo Picard, *Structure and evolution of Palestine*, Jérusalem, 1943.

([5]) J. Weulersse, *Le pays des Alaouites*, Thèse, 1940, p. 299.

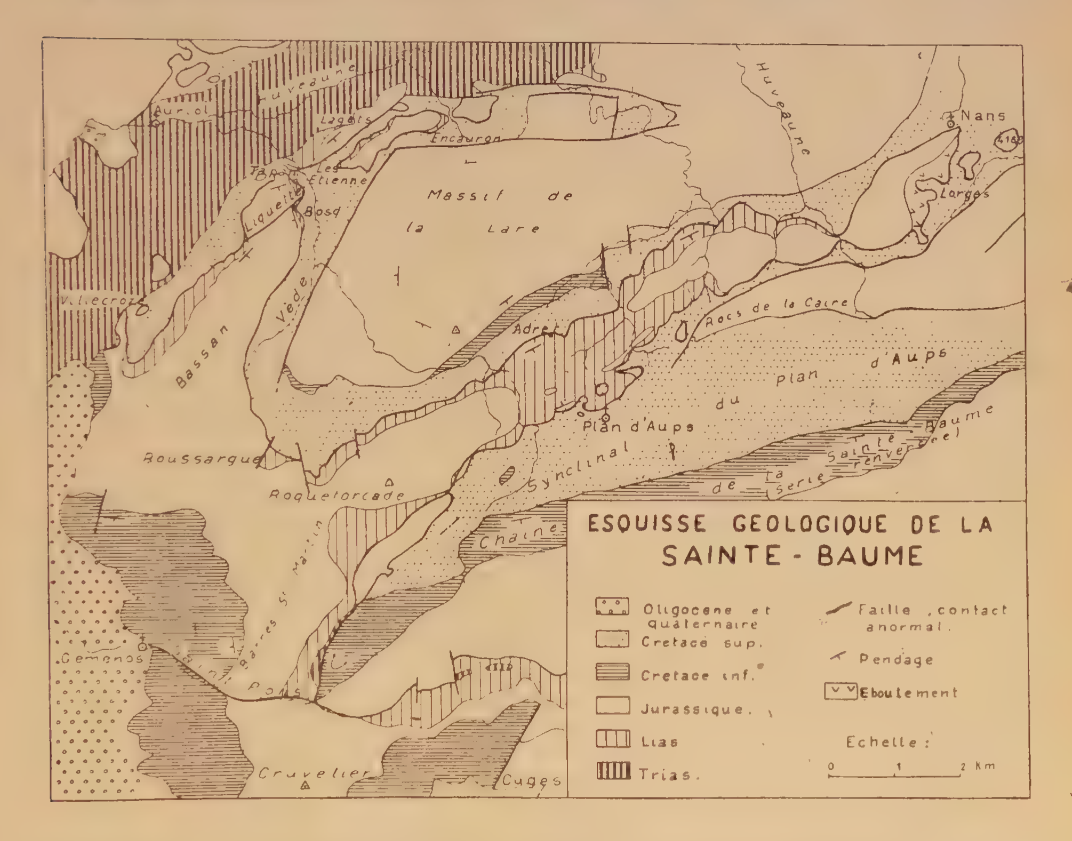
([6]) E. Chaput, *Voyages d'études géologiques et géomorphologiques en Turquie*, Paris, 1936.

GÉOLOGIE. — *Interprétation tectonique du Massif de la Sainte-Baume.* Note (*) de Mme **Yvonne Gubler**, MM. **Daniel Schneegans** et **Jacques Guillemot**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans une précédente Note (¹) nous avons montré la position synclinale anormale (sur le Crétacé supérieur) des terrains jurassiques constituant les chaînons Nans-Roqueforcade et Roqueforcade-Liquette-Lagets.

Nous avons observé l'enracinement de cette série jurassique en arrière de la série inverse de la Sainte-Baume, au Sud-Sud-Est de l'ancienne abbaye de Saint-Pons.

La série monoclinale constituant les barres de Saint-Martin, la Tête de




Roussargue, et qui descend au Sud-Ouest jusqu'à Gemenos, se prolonge en continuité au Sud du ravin de Saint-Pons par la série jurassique et infracrétacée des pentes Ouest du Mont Cruvelier. Or, sur le flanc Nord du Cruvelier (ou Brigou) on observe, à la base de cette série (*flanc normal du pli couché de*

(*) Séance du 17 janvier 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 104.

*la Sainte-Baume*) sur le chemin de Saint-Pons à Cuges, une traînée de terrains hettangiens et triasiques, vestiges écrasés du noyau de ce pli.

Malgré un accident transversal, mis en évidence par certains de nos prédécesseurs, qui abaisse les terrains au Sud du vallon de Saint-Pons (r. g.), les affleurements se relient de part et d'autre dudit vallon. Il s'ensuit que les carrières de gypse du Trias, situées au Nord de l'Abbaye, dans le ravin de Saint-Pons, sont dans le prolongement indiscutable des pointements jalonnant le noyau du pli de la Sainte-Baume, suivant un tracé qui contourne au Sud la terminaison Sud-Ouest de la série inverse. Au Nord du ravin de Saint-Pons, les affleurements de Trias s'effilent et la série normale décollée débute presque partout par l'Hettangien. Il est donc évident que la racine des lambeaux charriés de Roqueforcade-Nans et de Liquette passe en arrière de la série inverse de la Sainte-Baume, qu'elle est entamée par le ravin de Saint-Pons et qu'elle se prolonge en direction de Pont-de-l'Étoile vers le Nord-Ouest, sous le bassin oligocène d'Aubagne.

*En résumé*, les lambeaux de Roqueforcade-Nans et Liquette-Lagets constituent bien le flanc normal du pli de la Sainte-Baume, décollé au niveau du Keuper et charrié sur une distance de 7-8$^{km}$.

Nous sommes ainsi conduits à une hypothèse assez proche de celles de M. Bertrand et de E. Haug.

Toutefois nous tenons à faire remarquer que les lambeaux de recouvrement entourant le massif de la Lare ne sont pas les éléments d'une « grande nappe de Provence ». Ils résultent, pensons-nous, de l'exagération d'un pli couché dont le flanc normal, au cours de sa formation, aurait continué à glisser vers le Nord-Nord-Ouest, sans présenter de charnière frontale.

Ce recouvrement, dont le style est voisin de celui du Beausset, est l'œuvre de la phase pyrénéo-provençale. Postérieurement à sa mise en place, cet élément tectonique a été démantelé par l'érosion, et l'Oligocène est venu recouvrir en discordance angulaire l'extrémité occidentale du pli. Les déformations marginales des bassins oligocènes témoignent d'une phase de plissement plus récente et plus atténuée. On lui doit le bombement du massif de la Lare, l'allure synclinale des lambeaux de recouvrement, le serrage de l'extrémité du synclinal de Plan d'Aups dans le ravin de Saint-Pons et le compartimentage par failles du substratum et de la série charriée.

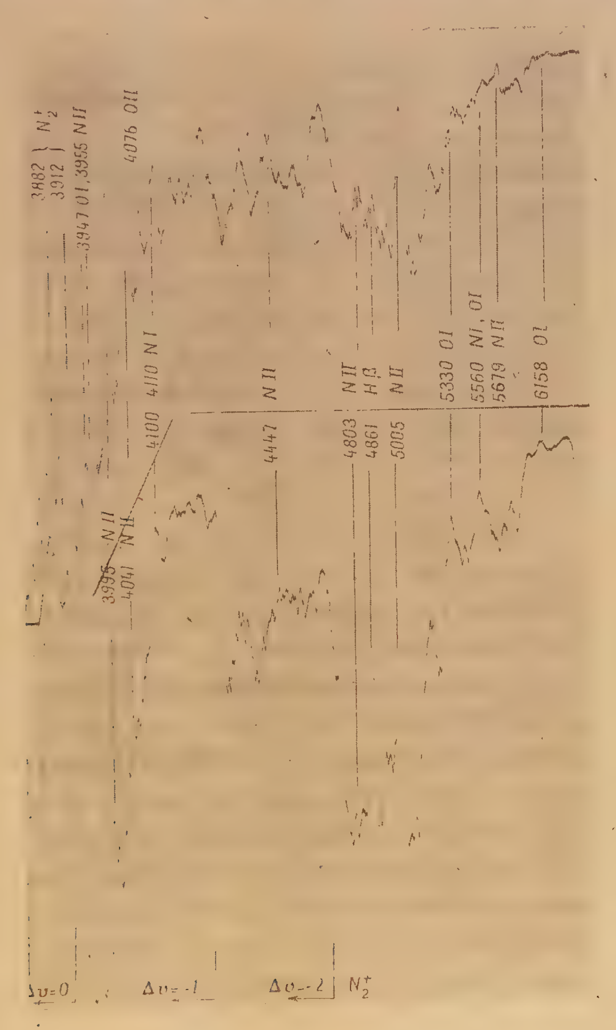
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Spectres des éclairs, de 3830 à 6570 Å.* Note (*) de MM. **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons photographié un assez grand nombre de spectres d'éclairs, avec des spectrographes à fente très lumineux, mais peu dispersifs. L'étude

(*) Séance du 10 janvier 1949.

de 10 clichés, choisis parmi les plus caractéristiques, nous a permis de mesurer les longueurs d'onde de 80 radiations environ, émises entre 3830 et 6570 Å, et ainsi de compléter les identifications faites par M. Nicolet (1), d'après les mesures de Slipher (2) et par H. Israël et K. Wurm (3) d'après les clichés qu'ils ont obtenus au prisme-objectif.

*Raies atomiques.* — Au spectre de l'atome neutre d'azote, le mieux représenté dans le violet et le bleu, appartiennent, au delà de 5000 Å, non




seulement la raie 6008 Å, identifiée par Israël et Wurm, mais aussi la forte radiation 6482 Å, qui correspond au multiplet très intense $3p\,^4D_0 - 4d^4\,F$,

(1) *Ciel et Terre*, 59, nos 3-4, mars-avril 1943.

(2) LOWELL, *Observatory Bulletin*, 79, 1917.

(3) *Naturwissenschaften*, 29, 1941, p. 778; *Wissenschaftliche Arbeiten der Deutschen Meteorologischen Diesntes in französischen Besatzungsgebiet*, 1, 1947, p. 48.

et les raies 5562, 5620 et 5830 Å (multiplets $3p\,^4D_0 - 5d\,^4F$, $3p\,^4D_0 - 6s\,^4P$ et $3p\,^4P_0 - 6s\,^4P$).

L'atome neutre d'oxygène, déjà bien caractérisé par Nicolet dans la région des petites longueurs d'onde (3947, 4368 Å), devient prépondérant dans le visible. En plus des raies 5330, 6158 et 6455 Å, reconnues par Israël et Wurm, nous lui attribuons les raies 5435 ($3\,^5P - 6\,^5S_0$), 5513 ($3\,^3P - 6\,^3D_0$) et 5555 Å ($3\,^3P - 7\,^3S^0$), cette dernière souvent blend avec NI.

Les raies de l'azote ionisé sont nombreuses et souvent fortes (3995, 4041, 4447, groupe 4600, 5005, 5679, 5941 Å, ...); celles de l'oxygène ionisé, assez abondantes dans le bleu et le violet, sont toujours plus faibles. Nous n'attribuons que peu de raies nouvelles à ces deux ions (NII 5045, $3s\,^3P_0 - 3p\,^3S$; OII 4591 $3s'$, $^2D - 3p'\,^2F_0$), mais nous séparons mieux les composantes des multiplets déjà connus (NII $3s\,^3P_0 - 3p\,^3P$, OII $3p\,^4D_0 - 3d\,^4F$, $3s\,^4P - 3p\,^4P_0$, $3s\,^4P - 3p\,^4D_0$).

*Bandes moléculaires.* — Les bandes négatives de la molécule d'azote ionisée sont visibles sur tous nos clichés. Les séquences $v' - v'' = 0$ et $-1$ (3914 et 4278 Å) sont généralement si fortes et la séquence $v' - v'' = -2$ si développée que le système s'étend sans doute dans la région visible, sans qu'on puisse l'y caractériser aussi nettement (bande 0 — 3, 5228 Å et peut-être 0 — 4, 5865 Å). Au contraire, les bandes du deuxième système positif de la molécule neutre d'azote, assez fortes dans l'ultraviolet ([4]), sont rares et faibles au-dessus de 3830 Å.

D'un spectre à l'autre, l'intensité des raies des atomes ionisés varie beaucoup, par rapport à celle des raies des atomes neutres, en sorte qu'il semble possible de classer les spectres suivant leur degré d'excitation, car l'intensité des bandes négatives varie en sens inverse de celle des raies de NII. La figure ci-contre reproduit les enregistrements à petite échelle de deux spectres de types extrêmes. Sur le premier (*a*), les raies de NII sont très intenses (NII 5679 > NI 5562 et OI 5555; NII 5005 ≥ NII 4803 > $H_\beta$; NII 3955 ≥ OI 3947), et les bandes négatives sont peu apparentes. Sur le deuxième (*b*), où les bandes négatives sont très fortes, les raies de NII sont très faibles (5679, 4803 et 3955, pratiquement invisibles, 5005 < $H_\beta$).

L'emploi du prime-objectif pourra donner d'utiles renseignements sur ces différences, car il permet d'obtenir sûrement le spectre d'un éclair individuel et de suivre les variations d'intensité des diverses radiations le long de la trajectoire.

---

([4]) J. Dufay, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1331; M. Dufay, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1079.

PÉDOLOGIE. — *Méthode d'étude de la zonalité pédogénétique par la paléopédologie.* Note de M. **Bernard Gèze** présentée par M. Albert Demolon.

L'étude de l'influence du climat sur la pédogénèse peut se faire soit suivant la méthode habituelle qui consiste à examiner les grands types de sols actuellement réalisés sous des conditions climatiques variables avec la latitude, soit en essayant de reconstituer les types apparus successivement en un même point, en fonction de la variation des climats au cours des temps géologiques.

La première est, en somme, une méthode géographique, la deuxième, une méthode stratigraphique. La comparaison entre les résultats peut conduire à leur confirmation, lorsqu'ils sont concordants, à des idées nouvelles ou, tout au moins, à des questions méritant examen, lorsque les résultats sont discordants. On trouvera, ci-après, un exemple particulièrement intéressant de l'emploi de la deuxième méthode, pris essentiellement dans le Midi de la France.

Postérieurement à l'orogénèse hercynienne et jusqu'à l'importante transgression marine du Jurassique, les régions méridionales du Massif Central sont restées émergées ou n'ont été recouvertes que très localement par des eaux lacustres, parfois lagunaires, puis marines, mais dans des conditions littorales, l'essentiel du comblement des dépressions de la pénéplaine posthercynienne étant dû, de toutes façons, aux apports continentaux résultant du remaniement des formations superficielles voisines.

Au Westphalien supérieur, le bassin d'Alès [1] renferme des schistes sapropéliques à 70 % de silice, ce qui représente à peu près la teneur des micaschistes du substratum; les charbons gras contiennent 18 à 25 % de matières volatiles. Au Stéphanien inférieur, les schistes n'ont plus que 53 % de silice et les charbons demi-gras 12 à 18 % de matières volatiles. Au Stéphanien moyen, les teneurs passent à 49 % de silice et 6 à 12 % de matières volatiles. Le Stéphanien supérieur n'est pas représenté.

Ainsi, le climat équatorial du Carbonifère supérieur, avec le développement intense de la végétation qui en résultait, a provoqué la genèse de sols foncés, de plus en plus riches en bases et en matière organique, tandis que la proportion de silice allait constamment en diminuant.

A l'Autunien, le bassin de Lodève, par exemple, avec sa végétation de Fougères arborescentes et ses schistes noirs bitumineux fréquents, prouve que le climat encore subéquatorial continuait à entraîner la genèse de sols riches en matières organiques. Mais, dès la fin de cet étage, les conditions semblent se rapprocher progressivement de celles des zones tropicales humides.

De cette époque date un phénomène assez curieux de silicification, en même temps que de rubéfaction. Une part du quartz provient sans doute de venues filoniennes d'origine profonde, mais il est probable aussi que, sous l'influence du climat qui permettait une solubilisation assez grande de la silice, il a pu se produire un nouveau concrétionnement au voisinage d'une nappe phréatique stagnante, dans les horizons inférieurs du sol à la limite de la roche mère. Ainsi s'expliqueraient les aspects étranges des grandes surfaces quartzeuses de l'Autunien du Lodévois et des schistes anciens de l'Albigeois qui furent recouverts par le Permien.

---

[1] La plus grande partie des observations et les chiffres concernant le bassin houiller d'Alès sont dus à G. Livet (*Rev. Ind. min.*, Saint-Étienne, n^os 472 à 480, 1943).

Au Saxonien, la végétation arborescente se réduit ou disparaît, et le remaniement de sols probablement à caractère latéritique rend exclusif le faciès de pélites rouges commencé à la fin de l'étage précédent. On peut croire à la généralisation d'un climat tropical humide, dont la grande pluviosité motiverait les larges épandages sur les zones basses de la pénéplaine et dont les saisons sèches seraient cause de la rubéfaction intense du sol.

L'évolution vers le climat tropical sec s'est produite sans doute pendant le Thuringien, dont on connaît les faciès d'accumulations salines en diverses régions, des sols véritables n'ayant probablement pas plus existé à cette époque que dans les déserts actuels.

Avec le Trias, le climat a poursuivi sa tendance vers le refroidissement en donnant dans nos régions des sols analogues à ceux que l'on trouve entre la zone tropicale sèche et la zone méditerranéenne. Ainsi s'expliqueraient certains dépôts gypsosalins qui font songer aux sédiments des chotts tunisiens, des horizons calcaires minces qui furent peut-être des croûtes fossiles, et des argiles bariolées qui ne sont pas sans rapports avec les argiles rouges quaternaires d'Afrique du Nord. Cependant, les poussées marines s'accentuent et, dès la base du Jurassique, il n'est plus guère possible de connaître les conditions pédologiques qui ont régné dans les rares zones émergées du Midi de la France.

On voit donc que les types de sols formés successivement en un même point sous des influences climatiques ayant varié progressivement depuis les conditions équatoriales jusqu'aux conditions tempérées sèches au cours des temps géologiques sont semblables, dans l'ensemble, à ceux que l'on observe en se déplaçant à la surface de la Terre pour retrouver ces mêmes conditions actuellement réalisées.

La seule différence essentielle concerne les zones équatoriales, pour lesquelles on admet la genèse d'argiles rouges à matière organique dispersée, alors que la paléopédologie semble indiquer l'accumulation de sols noirs très riches en matière organique. Deux explications, non contradictoires d'ailleurs, paraissent possibles : ou bien les argiles rouges équatoriales sont en réalité des paléosols réalisés sous l'influence d'un climat tropical humide à saisons déjà alternantes; ou bien les sols noirs carbonifères doivent être comparés plus spécialement aux sols des mangroves qui prennent naissance dans des conditions sans doute équatoriales, mais avec un régime hydrique très particulier.

En outre, la quartzification de la base du Permien doit inciter à rechercher si, dans les zones tropicales humides, il ne se réalise pas actuellement des accumulations siliceuses plus considérables que ce que l'on soupçonne, et dans quelles conditions exactes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la printanisation sur la teneur en glucides des semences de céréales.* Note (*) de M. **Jean Séchet**, transmise par M. Henri Devaux.

Dans une Note précédente (¹) nous avons démontré que le traitement de printanisation des grains de céréales enrichit les embryons en composés gluci-

---

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(¹) R. David et J. Séchet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 537-539.

diques, mais on peut se demander si un enrichissement semblable n'existe pas pour tout le grain, c'est-à-dire si l'albumen n'a pas son rôle propre.

Nous avons donc effectué des dosages sur des grains d'Avoine, de Blé, d'Orge et de Seigle, suivant la technique indiquée précédemment ([1]). Les semences printanisées ([2]) étaient analysées après 30 jours, et certaines après 70 jours de traitement. Les dosages des témoins ont été effectués sur des semences non germées puis, après germination, pendant des durées variant de 2 à 6 jours, à la température de 25° C.

Pour les témoins, nous ne tiendrons compte que des résultats ayant trait à des semences dont les plantules ont une taille très voisine de celle des semences printanisées.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

| | Quantité de glucides pour 1 000 grains (en milligrammes de glucose). | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Glucides solubles. | | | | |
| | Réducteurs libres. | Réducteurs après hydrolyse à l'invertase. | Réducteurs après hydrolyse acide. | Glucides insolubles. | Longueur moyenne du coléoptile (en mm). |
| | | *Avoine.* | | | |
| Témoin 3 jours........ | 202,8 | 390,5 | 679,3 | 22 871 | – |
| » 4 » ........ | 308 | 569 | 954 | 21 988 | 15 |
| » 5 » ........ | 409,4 | 679,5 | 1 152,1 | 21 268 | 22 |
| Printanisées 37 » ........ | 403,5 | 785,7 | 1 035 | 16 517 | 2 |
| » 65 » ........ | 760,7 | 1 989 | 2 705 | 13 169 | 22,5 |
| | | *Blé.* | | | |
| Témoin 4 jours........ | 857 | 1 576 | 2 250 | 27 976 | 12 |
| » 6 » ........ | 2 098 | 3 229 | 4 133 | 24 666 | 45 |
| Printanisées 37 » ........ | 1 538 | 2 365 | 4 461 | 23 214 | 10 |
| » 69 » ........ | 3 509 | 5 561 | 10 023 | 10 242 | 50 |
| | | *Orge.* | | | |
| Témoin 3 jours........ | 416,6 | 935,1 | 1 433 | 21 481 | 12,5 |
| Printanisée 39 » ........ | 1 325 | 2 081 | 3 888 | 10 185 | 13,5 |
| | | *Seigle.* | | | |
| Témoin 3 jours........ | 616 | 1 185 | 1 741 | 18 200 | 10 |
| » 4 » ........ | 687 | 1 275 | 1 805 | 16 870 | 27,5 |
| Printanisées 39 » ........ | 1 708 | 3 117 | 4 382 | 10 752 | 22,5 |
| » 72 » ........ | 1 739 | 3 437 | 4 608 | 9 869 | 55 |

([2]) Germées deux à quatre jours à 20° C. avec 35 à 50 % d'eau (suivant les espèces), puis mises au frigidaire à la température de 2° C.

Avant d'aborder l'étude de ce tableau, il importe de souligner que pour l'Avoine témoin ayant trois jours de germination, le coléoptile n'est pas apparu et qu'il ne mesurait que 2$^{mm}$ chez l'Avoine printanisée de 37 jours.

L'examen de ces nombres montre, dans tous les cas, une augmentation de la quantité des glucides solubles dans les semences traitées par rapport aux témoins. Au contraire, les glucides insolubles (hydrolysables par $SO_4H_2$ à 1 % à 120°C pendant une heure et demie) diminuent beaucoup plus dans les semences printanisées. Cette diminution provient d'une part de la dégradation des polyosides en glucides solubles moins polymérisés (sous l'influence prolongée des diastases), et d'autre part, probablement, de la durée des phénomènes respiratoires. En outre, il est possible que des synthèses secondaires effectuées à partir des oses produisent de plus grandes quantités de substances utilisables : acide ascorbique par exemple.

Si nous comparons maintenant les résultats obtenus pour les semences entières de Blé avec ceux déjà signalés pour les embryons isolés, nous constatons la présence d'une quantité nettement plus importante de glucides solubles dans le grain entier que dans l'embryon isolé : 1000 embryons isolés de semences germées pendant quatre jours contiennent seulement 344$^{mg}$,3 de sucres réducteurs libres, 656$^{mg}$,2 de réducteurs après hydrolyse à l'invertase et 937$^{mg}$,5 de réducteurs après hydrolyse acide, tandis que les semences entières à un état voisin de développement contiennent 857$^{mg}$ de réducteurs libres, 1576$^{mg}$ de réducteurs après hydrolyse à l'invertase et 2250$^{mg}$ de réducteurs après hydrolyse acide. Cette différence montre qu'il y a accumulation de glucides solubles non seulement dans l'embryon, mais aussi dans l'albumen, pendant la germination et pendant le traitement de printanisation. Cette accumulation plus importante après le traitement serait, semble-t-il, due aux polyosides hydrolysés par les enzymes qui agissent pendant plus longtemps.

En résumé, l'étude des glucides effectuée sur des semences de céréales montre que le traitement de printanisation provoque une accumulation de sucres solubles à la fois dans l'embryon et dans l'albumen. On constate au contraire une diminution quantitative des polyosides de réserve au profit non seulement des transformations en glucides moins polymérisés qui seront en partie utilisés pour la respiration, mais aussi, vraisemblablement, pour la réalisation de synthèses secondaires dont la nature et le rôle restent à déterminer.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Action de deux substances de croissance sur l'embryogénie du* Lychnis Githago *Scop.* Note de MM. **Pierre Crété** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. René Souèges.

L'influence éventuelle exercée par deux substances de croissance sur la segmentation de l'embryon a été recherchée sur une Caryophyllacée, le *Lychnis Githago* Scop. de la façon suivante : Quatre lots de plantes, cultivés dans le Jardin botanique de la Faculté de Pharmacie, ont été, le 21 juillet 1948,

injectés (1) à la base de l'ovaire, dans le pédoncule des fleurs prêtes à s'épanouir. Le lot 1 témoin a reçu de l'eau distillée; le lot 2 de l'acide indolyl-3-propionique, le lot 3 de l'acide α-naphtyl-acétique; le volume injecté était de $0^{cm^3},05$, les solutions étaient au millième de molécule. Quant au lot 4, il n'a subi aucune injection. La récolte des fleurs s'est échelonnée de l'anthèse à la formation de la graine et l'on a suivi le développement de l'embryon.

Dans tous les cas, seule la cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire intervient dans

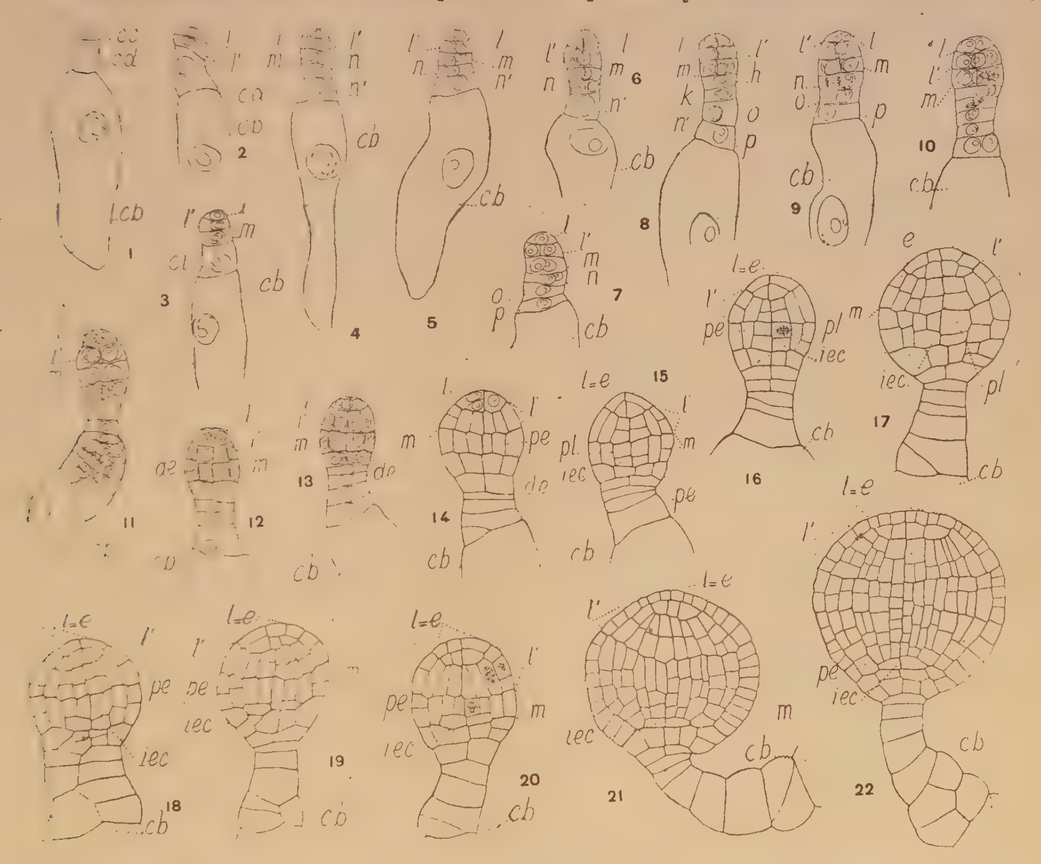


Fig. 1 à 22. — *Lychnis Githago* Scop. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *cc* et *cd*, cellules-filles de la cellule apicale et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule-fille supérieure de *cc* ou épiphyse *e*; *l'*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie cotylée proprement dite; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h* et *k*, cellules provenant de la division transversale de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 290.

l'édification de l'embryon proprement dit. Elle fournit d'abord une tétrade seconde du type linéaire, comprenant les étages *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 1 à 3). A partir de l'étage supérieur *l*, il se forme une épiphyse et à partir de l'étage *l'*, la partie cotylée. L'étage *m* donne l'axe hypocotylé et, par cloisonnement transversal des cellules circumaxiales, isolées lors de la différenciation du périblème, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire *iec*

(1) M.-M. Janot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1358.

(*fig.* 15 et suivantes). L'étage *ci* se subdivise en deux nouveaux étages *n* et *n'*. L'étage *n* contribue à l'édification de la coiffe dans sa partie moyenne, soit directement (*fig.* 6 et 7), soit après division transversale en deux autres étages (*fig.* 8); dans ce dernier cas, c'est à partir de l'étage supérieur *h* que se constituent les éléments moyens de la coiffe, et l'étage inférieur *k* intervient avec les éléments issus de l'étage *n'* dans la construction de la partie supérieure du suspenseur. A sa base, le suspenseur est constitué par la cellule *cb* du proembryon bicellulaire, cellule indivise, uninucléée, mais différenciée en une vésicule haustoriale volumineuse.

L'examen du lot 4 n'ayant subi aucune injection démontre que celle-ci n'influence pas les lois du développement de l'embryon. Ces observations confirment, pour le moment, les conclusions antérieures de R. Souèges (²) sur les *Fragaria* de culture, c'est-à-dire que les procédés horticoles n'exercent aucune influence sur les processus de la segmentation.

Le *L. Githago* appartient à la sous-famille des Silénoïdées, dont un seul représentant le *Saponaria officinalis* L., avait été étudié jusqu'ici (³). Ces deux Silénoïdées obéissent, à quelques nuances près, à des lois embryogéniques identiques. Cependant c'est toujours la cellule *n* qui donne directement naissance aux parties moyennes de la coiffe chez la Saponaire, alors que cette région peut également prendre naissance à partir de la cellule-fille supérieure de *n* chez la Nielle des blés. Au niveau du suspenseur, la cellule *cb* ne se divise pas chez les *Lychnis*, alors qu'elle fournit une vésicule de deux éléments chez les *Saponaria*. La Nielle se distingue également par le pouvoir de prolifération observé fréquemment au niveau de la partie de son suspenseur, tirant son origine de la cellule *ci* de la tétrade seconde. Cette multiplication cellulaire s'est montrée particulièrement remarquable chez un embryon appartenant au lot 1 (témoin) (*fig.* 11); elle rappelle, par son importance, certains cas de polyembryonie constatée au niveau du suspenseur de certaines Campanulacées et Lobéliacées (⁴), (⁵). Les lois du développement chez les Silénoïdées sont identiques à celles qui président à l'édification du sporophyte chez les Caryophyllacées typiques, appartenant à la sous-famille des Alsinoïdées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Diverses réactions morphologiques et physiologiques des Champignons à l'action de l'oxygène.* Note de MM. **Philippe-Jacques Luteraan, Maurice Langeron** et Mme **Janine Méry**, présentée par M. Roger Heim.

Les organismes fongiques présentent, en aérobiose et sur milieu équilibré, une valeur souvent particulièrement basse de leur potentiel d'oxydo-réduction

(²) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 82, 1935, p. 458.
(³) P. Crété, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 111.
(⁴) R. Souèges, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2009.
(⁵) P. Crété, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 85, 1939, p. 580.

cellulaire. Ils réduisent presque toujours le vert Janus, alors que cette réduction peut n'être pas obtenue en anaérobiose; d'ailleurs, le pouvoir réducteur est indépendant de l'existence d'un pouvoir fermentaire; il est maximum (1) chez des Champignons ayant un pouvoir lipoformateur élevé, par exemple chez *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum*, *Pullularia pullulans* qui sont azymatiques.

La synthèse de lipides, corps très réduits, autoxydables, tensio-actifs en même temps que solvants particuliers, fait défaut en anaérobiose; la lipogenèse est d'autant plus intense que la tension en oxygène est plus forte (2); finalement, les lipides sont excrétés.

L'aération intense favorise l'excrétion d'autres corps autoxydables : les pénicillines.

Chez les Rhodotorulacées, la persistance de la pigmentation liée au pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes (3) est maximum lorsqu'il y a déséquilibre azoté (4), emploi du glycérol (5), de la leucine, de la tyrosine (4), du tryptophane, et lorsqu'il y a déshydratation du milieu de culture solide.

*Pullularia pullulans* ne présente pas de pigment mélanique sur milieu équilibré; la formation de ce dernier est provoquée par les mêmes facteurs que précédemment.

Tous ces facteurs : augmentation de la tension en oxygène, stimulation, du moins initiale, de la respiration, etc., rendent la lipogenèse maximum et provoquent l'immersion dans les milieux de culture solides (6), (7), (8).

Les tableaux suivants résument un ensemble de données acquises à ce sujet, montrant la variation inverse de la lipogenèse et de la production d'alcool éthylique dans ces conditions.

1. *Chez les Levures.*

| | Immersion. | Filamentisation. | Lipogenèse. | Pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes. | Fermentation. |
|---|---|---|---|---|---|
| Augmentation de la tension en oxygène. | + | + | + | + | — |
| Déséquilibre azoté | + | + | + | + | — |
| Emploi du glycérol | + | + | + | + | o |
| Leucine, tyrosine, tryptophane | + | + | + | + | — (9) |
| Déshydratation | + | + | + | + | o |

(1) Fromageot et Bost, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1 008.
(2) Smedley Mac Lean et Hoffert, *Bioch. J.*, 17, 1923, p. 720.
(3) Ph. J. Luteraan, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 832.
(4) J. Méry, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 1-2.
(5) Fromageot et Tchang, *Archiv. Mikrob.*, 9, 1938, p. 424.
(6) J. Méry et Ph. J. Luteraan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1 215.
(7) M. Langeron et Ph. J. Luteraan, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 1-2.
(8) Ph. J. Luteraan et M. Langeron, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 3-4.
(9) Béraud, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 708.

2. *Chez les Champignons filamenteux.*

| | Immersion. | Lipogénèse. | Production de pigments mélaniques. | Respiration intra-moléculaire. |
|---|---|---|---|---|
| Augmentation de la tension en oxygène. | + | + | + | — |
| Déséquilibre azoté.................... | + | + | + | — |
| Emploi du glycérol.................. | + | + | + | 0 |
| Leucine, tyrosine, tryptophane........ | + | + | + | — |
| Déshydratation...................... | + | + | + | 0 |

+ = augmenté; — = diminué; 0 = nul.

Il y a *convergence physiologique* par action sur un facteur commun : le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire qui tend à être élevé au delà de sa valeur normale; l'emploi d'indicateurs colorés montre en effet que le vert Janus n'est plus réduit dans ces conditions.

Les organismes à potentiel d'oxydo-réduction cellulaire bas, notamment des levures, sont très sensibles à l'oxygène qui exerce normalement une action d'ordre catalytique sur la multiplication cellulaire et la protéogenèse; celle-ci est diminuée sous l'action des facteurs précités.

L'oxygène stimule d'autre part les déshydrogénations; en effet, en anaérobiose, l'acide lactique ne peut être déshydrogéné, les alcools ne peuvent être utilisés, ni les nitrates servir d'accepteur d'hydrogène chez les levures.

Donc, les manifestations décrites sont celles d'une *fonction antioxygène physiologique* : les champignons se dérobent à l'action de l'oxygène en s'immergeant; ils se débarrassent des corps autoxydables en les excrétant, ils freinent l'autoxydabilité des lipides par l'action antioxygène des lipides et des carotènes, etc. De toutes ces manifestations, la seule constante est la lipogenèse; on peut considérer que cette synthèse fait équilibre non seulement au catabolisme des glucides, mais au système desmolytique, c'est-à-dire à l'ensemble des processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène.

En raison de la variété, de l'importance et de l'intensité des processus de déshydrogénation en aérobiose, il semble, à première vue, que l'organisme ait surtout à réagir contre leurs excès. En fait, l'organisme fongique lutte moins contre les processus de déshydrogénation que contre l'oxygène qui les stimule.

Bien des manifestations morphologiques et physiologiques sont en rapport, chez les champignons, avec l'existence d'une fonction antioxygène qui paraît être générale chez l'ensemble des organismes vivants aérobies, aussi bien végétaux qu'animaux.

BIOLOGIE. — *Kystes ovariens et paraovariens et embryomes chez le Cobaye œstrogéné.* Note (*) de M. **Michel Mosinger**, transmise par M. Robert Courrier.

Chez le Cobaye, qui présente exceptionnellement des tumeurs spontanées et offre vis-à-vis des substances cancérigènes une grande carcino-résistance, suivant le terme que nous avons proposé, on peut relever, dans l'ovaire, des phénomènes de parthénogénèse spontanée et des placentomes (Lœb, 1905; R. Courrier, 1923; R. Courrier et Ch. Oberling, 1923; Branca, 1925; Lelièvre, Peyron et Corsy, 1927; L. Lœb, 1932; M. Athias, 1936). Ces placentomes ovariens, d'origine parthénogénétique, peuvent envahir le tissu environnant (Courrier et Oberling). On connaît également plusieurs cas d'embryomes spontanés de l'ovaire, chez le Cobaye (Montroni, 1930; Giordano, 1939; M. Athias, 1944). On peut se demander quel est le stimulus responsable de ces phénomènes. Or, nous avons montré, dans une série de publications antérieures, depuis 1942, que les substances œstrogènes produisent, chez le Cobaye traité pendant des mois et des années, des processus prolifératifs hyperplasiques et tumoraux de tissus très différents avec développement, outre les fibromes, des *conjonctivomes* multiples (histiocytomes, fibroblastomes, angiomes, léiomyomes), de tumeurs épithéliales multiples (adénomes mammaires, biliaires, prostatiques, sébacés. utérins), d'hyperplasies kystiques (mastose et métrose kystique) et de mélanomes bénins [1].

Il était donc intéressant d'étudier l'ovaire chez le Cobaye soumis à l'action prolongée de substances œstrogènes. En 1937, Champy a décrit, dans l'ovaire de divers mammifères œstrogénés, des phénomènes prolifératifs du *rete ovarii* et de l'épithélium germinatif avec production de kystes. En mars, 1947, nous avons décrit des kystes ovariens macroscopiques et microscopiques chez le Cobaye œstrogéné (1948). Ducuing, Bîmes (1948) ont confirmé cette observation.

Nous avons fait l'étude histologique des ovaires chez 33 cobayes traités plus de trois mois par des injections de benzoate ou de dipropionate d'œstradiol ou de diéthylstilboestrol.

1° L'épithélium germinatif de Balfour réagit aux injections répétées de substances œstrogènes par de l'hyperplasie avec pluristratification, métaplasie cylindrique, papillomatose et kystisation avec sclérose hypertrophique du cortex sous-jacent. D'autres territoires péritonéaux présentent les mêmes réactions (Mosinger, 1946).

2° Les tubes du *rete ovarii* présentent une distension kystique (comparable à celle que nous avons relevée au niveau de la glande mammaire, de la muqueuse utérine et des canaux biliaires), une élévation de hauteur de l'épi-

---

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(1) On trouvera les indications bibliographiques concernant ces sujets dans les *Arc. de Anatomia Patológica*, Coimbra, 33, 1945.

thélium et la production de kystes simples ou papillaires avec, parfois, métaplasie mucoïde. L'époophoron présente des réactions comparables. Nous avons décrit antérieurement des formations kystiques qui peuvent se développer dans les tumeurs de castration du Cobaye femelle, c'est-à-dire les conjonctivomes œstrogènes formés dans les moignons tubaires après castration.

Ces kystes prennent leur origine à partir d'invaginations péritonéales ou des restes de l'époophoron. Les kystes expérimentaux œstrogènes peuvent atteindre un volume considérable et égaler le volume d'un œuf de pigeon (deux cas) ou remplir la cavité abdominale (cobaye 343).

3. Des placentomes et des embryomes ont été relevés, dans cette série, chez deux de nos animaux. Le cobaye 381 présentait un blastocyste distendu avec, dans les vaisseaux ovariens environnants, des cellules plasmodiales immigrées. Le cobaye 478 ayant reçu, en l'espace de 14 mois, 77 injections de diéthylstilbœstrol avec une dose totale de $96^{mg},25$, offre, outre un fibrome géant de l'estomac, une hypertrophie notable de l'utérus rempli d'une masse tumorale polypeuse et une hypertrophie marquée des glandes mammaires, un volumineux embryome kystique de l'ovaire droit constitué presque uniquement par d'épais tubes nerveux embryonnaires revêtus de nombreuses couches de cellules à disposition neurospongiomateuse et de plages neurospongiomateuses présentant des rosettes vraies. Dans l'ovaire droit du même animal, on rencontre deux masses placentaires développées dans deux follicules différents et constitués par des cellules de van Beneden et de Langhans. En outre, presque tous les ovocytes rencontrés dans les follicules normaux ou en atrésie présentent, soit des phénomènes de dégénérescence avec homogénéisation éosinophile et vacuolisation, soit des processus de segmentation avec un stade de 4 cellules et 2 morula. Dans le même ovaire, l'épithélium germinatif prolifère avec aspect papillaire par hyperplasie simultanée du stroma ovarien.

*Conclusions.* — 1° Les substances œstrogènes qui stimulent la capacité proliférative de tous les mésothéliums d'origine cœlomique et du tissu conjonctif sous-jacent, stimulent également celle de l'épithélium germinatif, du *rete ovarii*, de l'époophoron et du tissu conjonctif cortical ovarien; 2° le rôle des substances œstrogènes à l'origine des kystes ovariens et paraovariens et des tumeurs papillaires et kystiques dites germinatives et wolffiennes de l'ovaire doit être pris en considération en pathologie humaine; 3° l'origine parthénogénétique des embryomes, comme celle des placentomes, est rendue tangible par ces observations; 4° le rôle des substances œstrogènes comme stimulus possible de la parthénogénèse *in vivo* mérite de plus amples recherches.

BIOCHIMIE. — *Métabolisme de l'amidon chez un flagellé sans chlorophylle incapable d'utiliser le glucose.* Note de M. **André Lwoff**, M[lles] **Hélène Ionesco** et **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

De nombreux flagellés appartenant à des groupes divers : Eugléniens, Polyblépharidés, Chlamydomonadines, Cryptomonadines, possèdent les caractères

suivants : absence de chlorophylle, synthèse d'amidon ou de paramylon, incapacité d'utiliser les sucres : glucose, maltose, saccharose, tréhalose, etc., comme aliment carboné. Des acides gras inférieurs, les acides lactique et pyruvique et des alcools ont été reconnus parmi les aliments carbonés utilisables. Le problème de la biosynthèse de l'amidon et de son utilisation par des organismes incapables de métaboliser le glucose méritait de retenir l'attention.

Le flagellé *Polytomella cœca*, en culture bactériologiquement pure, est cultivé à 24° dans le milieu suivant, oxygéné par barbotage d'air : $SO_4(NH_4)_2$, 1g; acétate de Na, 1g; éthanol, 3cm³; $PO_4KH_2$, 0g,5; $SO_4Mg$, 0g,1; thiamine, 10 µg; eau bidistillée, 1l; NaOH q. s. pour pH 6,8. On ajoute après stérilisation 10mg de citrate ferrique. Huit litres de culture sont centrifugés et le culot, broyé avec du sable, est mis en suspension dans un tampon de phosphate M/100 de pH 7,0. Une centrifugation à 2000 tours élimine les grains d'amidon et divers débris cellulaires. Le liquide trouble qui surnage est centrifugé à 12000 tours pendant 7 minutes. Ce qui surnage renferme une amylase. Le culot contenant des granules visibles au microscope est repris dans du phosphate. Il possède une activité phosphorylasique : en présence de phosphate M/6 (pH 7,0) et d'amidon soluble, il y a disparition de P minéral et apparition de P estérifié. La fraction active n'est pas précipitée par $SO_4(NH_4)^2$ au tiers de saturation; elle est précipitée à demi-saturation (¹).

Nous avons isolé, des préparations maintenues sous toluène 20 heures à 24°, un composé présentant les propriétés suivantes : le sel de Ba est soluble à pH 8,2; il est précipité par quatre volumes d'alcool. Il n'est pas précipité par le réactif ammoniaco-magnésien. L'hydrolyse libère du P minéral et un sucre réducteur qui a été identifié au glucose par la forme cristalline de son osazone et par l'action spécifique de la glucose oxydase (notatine). Le dosage par la méthode de Somogyi, exprimé en glucose, donne les mêmes résultats que le dosage par la notatine. Le phosphore et le glucose sont en quantités équimoléculaires. L'hydrolyse par HCl M/10 à 100° est complète en 7 minutes. Il s'agit donc de glucose 1-phosphate.

Si le culot actif est mis en suspension dans un tampon citrate en présence de glucose 1-phosphate et de dextrines (comme amorce), il y a apparition de phosphate minéral. La préparation n'ayant pu être débarrassée de traces d'amylase, il n'a pas été possible de démontrer la synthèse d'amidon. L'existence d'une phosphorylase est cependant hors de doute.

Le défaut d'utilisation du maltose et des autres disaccharides permet d'exclure l'hypothèse d'une biosynthèse de l'amidon par une amylomaltase ou une enzyme du même type. Si les flagellés possédaient une hexokinase et une phosphoglucomutase, ils seraient capables de synthétiser le glucose 1-phosphate à partir du glucose. L'absence de ces enzymes, ou d'une seule d'entre elles, suffit à expliquer le défaut d'utilisation du glucose. Le problème de la synthèse

(¹) Un Mémoire paraîtra dans le volume jubilaire Otto Meyerhof (*Biochimica et Biophysica Acta*).

du glucose 1-phosphate à partir de l'éthanol ou de l'acide acétique comme point de départ n'a pas été abordé. On peut, en se fondant sur les données classiques, envisager que la condensation d'un triose et d'un triosephosphate interviendrait au cours de cette synthèse.

Quoi qu'il en soit, le flagellé *Polytomella cœca* possède une phosphorylase dont l'activité rend compte de la synthèse et de l'utilisation de l'amidon; il est possible toutefois que l'amylase intervienne aussi dans l'utilisation. On connaît des Eugléniens à chlorophylle qui sont, eux aussi, incapables d'utiliser le glucose. Le glucose n'est donc pas un intermédiaire obligatoire entre le $CO_2$ ou les composés carbonés organiques et les polysaccharides. Des organismes peuvent synthétiser l'amidon et l'utiliser sans que le glucose apparaisse dans ce cycle autrement que sous forme phosphorylée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Deshydrogénation du cyclohexane en benzène, à froid, par action diastasique.* Note (*) de M. **Adolphe Pacault** et Mme **Simone Carpentier**, présentée par M. Paul Pascal.

Afin de rechercher si l'action stathmocinétisante de certains dérivés aromatiques n'était pas due à la présence dans la molécule d'électrons $\pi$ délocalisés conférant une forte anisotropie à la molécule qui peut devenir ainsi génératrice d'un champ électromagnétique, nous avons étudié l'action mitoclasique sur l'*alium cepa* de couples de dérivés aromatiques et saturés (benzène, cyclohexane; furanne, tétrahydrofuranne; pyrrol, pyrrolidine, etc.).

L'étude complète de la caryokinèse en présence de ces dérivés est publiée ailleurs.

Ayant trouvé, contrairement à notre attente, et conformément à des résultats antérieurs, que le cyclohexane avait une action faible mais certaine et que des stathmocinèses étaient présentes dans des racines ayant séjourné quatre heures dans une pseudo-solution de cyclohexane dans l'eau, nous nous sommes demandé si le cyclohexane, au sein du milieu vivant, n'avait pas été oxydé en benzène qui, lui, a une action stathmocinétisante nette.

L'expérience a prouvé qu'il en est bien ainsi.

A. On a étudié les spectres ultraviolets :

*a*. de l'eau du robinet utilisée pour les expériences biologiques;

*b*. de l'eau du robinet dans laquelle ont poussé des racines d'*alium*;

*c*. de la pseudo-solution de cyclohexane dans l'eau;

*d*. de la solution *c* dans laquelle des racines d'alium ont séjourné quatre heures;

*e*. de la solution *c* placée exactement dans les mêmes conditions qu'en *d*, mais dans laquelle aucune racine n'a été plongée.

Les spectres *a*, *b*, *c*, *e* sont de forme identique. Ces différents mélanges de substances *a*, *b*, *c*, *e* ont un spectre continu entre 3600 et 2000 Å.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

Le spectre *d*, au contraire, s'identifie au bout d'un certain temps au spectre du benzène.

B. Si l'on ajoute du cyclohexane à la solution *b*, il est partiellement transformé en benzène *in vitro*.

C. Lorsqu'on porte à l'ébullition pendant quelques minutes la solution *b*, on observe la formation d'un précipité blanc d'allure cristalline; le filtrat placé dans les mêmes conditions qu'en B n'est plus apte à transformer le cyclohexane en benzène.

D. Le sulfure d'allyle, essence principale de l'ail, n'est pas responsable de ces phénomènes.

Les spectres de l'eau et des mélanges eau-sulfure d'allyle et eau-sulfure d'allyle-cyclohexane sont continus et n'accusent aucune bande.

Ces expériences et d'autres en cours, étude cinétique de la réaction, séparation des phases actives, étude d'autres racines, action sur d'autres carbures, etc., qui constitueront un mémoire d'ensemble publié sous peu, conduisent à penser que les racines d'*alium cepa* contiennent une lyo-enzyme, déhydrase thermolabile, capable de transformer le cyclohexane en benzène.

Remarquons donc que, dans ce cas, la plante sécrète un produit capable de développer chez elle des mitoses anormales à partir d'un corps inoffensif : le cyclohexane.

Cette découverte, en confirmant pleinement notre hypothèse de départ sur les causes de l'action stathmocinétisante de certains dérivés, incite une fois de plus à la prudence. On est le plus souvent impuissant à fixer le rôle biologique des composés chimiques, ignorant à quel stade de leur transformation naît leur activité.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le pouvoir antibiotique des cultures associées*. Note de MM. **Jacques Risler**, **Robert German** et **John Walter Clegg**, présentée par M. Paul Portier.

Dans une précédente Note [1], l'un de nous a montré qu'en cultures associées avec le B.K., l'*A Flavus* souche A.A.M.R. élabore une enzyme spécifique bactériostatique et bactériolytique vis-à-vis du bacille tuberculeux. Ainsi qu'il a été brièvement indiqué, l'apparition de cette enzyme complexe ne peut être déterminée que par le contact direct des deux micro-organismes.

C'est à ce titre, et en raison de l'orientation nouvelle que cette observation particulière et *constante* paraît être appelée à déterminer dans l'application de la technique du mécanisme antibiotique, que nous avons poursuivi, avec un intérêt croissant, l'étude de l'action *in vivo* du filtrat de la culture associée de la souche d'*A. Flavus* A.A.M.R. et du bacille tuberculeux.

Au cours des expériences qui suivent, et en vue de raccourcir la durée de la période d'incubation de l'infection tuberculeuse chez les animaux préalablement

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 983-985.

préparés, la quantité de B.K. inoculée aux cobayes a été portée à 1$^{mg}$. Voici brièvement résumés les résultats de ces expérimentations :

1° Le 12 octobre, 4 cobayes sont tuberculisés par inoculation sous-cutanée de 1$^{mg}$ de B.K. humain virulent, souche Laisné, provenant du Laboratoire de la Tuberculose de l'Institut Pasteur. A partir du lendemain 13 octobre, chaque animal reçoit quotidiennement une dose de 5$^{mg}$ de filtrat de culture associée, sous forme de poudre précipitée, rudimentairement purifiée et non concentrée. Le produit est dissous dans une solution de 6$^{cm^3}$ de sérum physiologique. Le 15 novembre, c'est-à-dire 33 jours après l'inoculation, on constate une légère infiltration ganglionnaire, à peine perceptible à la palpation. Cette réaction s'accentue les jours suivants, jusqu'à ce que les ganglions atteignent la grosseur d'un petit haricot. Dès l'apparition de ces symptômes, on a cessé le traitement. Cependant, dès le 25 novembre, on observe un commencement de diminution de volume des ganglions, qui au 3 décembre sont entièrement résorbés.

A l'autopsie, on remarque un minuscule amas granuleux à l'emplacement du ganglion. A l'examen microscopique, le frottis de cet amas a montré des cellules déformées, lysées et 3 B. K. granuleux. La rate est saine, rouge et sans aucune altération ni tache. Examiné au microscope, un frottis de la coupe ne montre aucun B. K. Le foie est sain, sans aucune tache ni trace de dégénérescence graisseuse. Les poumons sont normaux et roses. Aucune localisation visible.

2° Le 12 octobre, 4 autres cobayes sont inoculés dans les mêmes conditions et reçoivent le lendemain une dose *unique* de 25$^{mg}$ de filtrat de culture associée, en solution physiologique.

On remarque les mêmes réactions que chez les animaux de la première série, mais un peu plus tardivement cependant. En réalité le commencement de l'infiltration ganglionnaire n'apparaît que vers le 36$^{e}$ jour. Pendant quelques jours, le volume des ganglions demeure sans changement, puis, le processus de résorption s'amorce et le 5 décembre, la réaction a complètement disparu.

3° 4 cobayes sont inoculés le 25 octobre, à l'aide d'une dose de 1$^{mg}$ de B. K. humain virulent, souche Laisné provenant du Laboratoire de la Tuberculose de l'Institut Pasteur. Le 9 novembre, les animaux présentent déjà des ganglions avec abcès ouverts et purulents et œdème de la cuisse. En présence de cet état de tuberculose déclarée, on procède le 15 novembre à une injection *unique* de 20$^{mg}$ de culture associée. Le 3 décembre, les abcès sont fermés et les ganglions apparaissent nettement en voie de régression.

*Nota.* — Au cours de ces trois séries d'expériences, 4 témoins ont été tuberculisés dans les mêmes conditions. A la date du 3 décembre, l'infection a déjà évolué selon ses manifestations classiques : les sujets présentent de gros ganglions avec abcès ouverts et purulents et œdème plus ou moins volumineux de la cuisse.

*Observation d'un cas particulier.* — En vue d'un essai comparatif avec le filtrat précipité, un cobaye tuberculisé à raison de 1$^{mg}$ de B.K. humain, souche H. 37 RV., provenant du Laboratoire de Bactériologie du Brompton Hospital de Londres, reçoit le lendemain de l'inoculation une dose de 1$^{cm^3}$ du

liquide sous-mycélien d'une culture associée. Trois semaines après l'inoculation, l'animal présente un ganglion très volumineux de la grosseur d'une noix. Après 6 semaines, on constate une diminution progressive de cette grosse réaction ganglionnaire. Au 85ᵉ jour, sa résorption est presque complète et sa trace demeure à peine perceptible à la palpation.

*Conclusions.* — 1° Il est confirmé qu'en présence du B. K., l'*A. Flavus* souche A. A. M. R. élabore une enzyme complexe bactériostatique et bactériolytique vis-à-vis du bacille tuberculeux;

2° au cours de ces expérimentations, les doses de 25$^{mg}$ et de 20$^{mg}$ d'enzyme *injectées en une seule fois ont été plus bactériostatiques et bactériolytiques que la dose de* 160$^{mg}$ *injectée en* 32 *jours, à raison de* 5$^{mg}$ *par jour;*

3° à très faible dose non concentrée, l'enzyme de la culture associée est déjà remarquablement active en ce qui concerne le traitement de la tuberculose déclarée du Cobaye;

4° le mécanisme de l'activité physiologique du filtrat élaboré par la culture associée d'*A. Flavus* et du B. K. repose non seulement sur le pouvoir antibiotique direct du complexe enzymatique, mais aussi sur l'exaltation du pouvoir phagocytaire de l'organisme;

5° si l'on tient compte du fait que ces résultats ont été obtenus à l'aide d'une enzyme rudimentaire purifiée et non concentrée, on peut espérer, qu'après concentration selon les techniques usuelles, son activité physiologique pourra être encore augmentée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Isolement d'une souche de virus grippal. Réaction du jeune Singe à l'inoculation intra-nasale de ce virus.* Note de M. **René Panthier**, M^lle^ **Geneviève Cateigne** et M. **Claude Hannoun**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours de l'épidémie de grippe actuelle, nous avons isolé, en décembre 1948, à partir du liquide de gargarisme d'un malade qui présentait des signes cliniques incontestables d'une grippe grave, une souche de virus à laquelle nous donnons le nom de D.48.

Cet isolement fut pratiqué par passage par voie amniotique dans l'œuf embryonné. Au quatrième passage, nous avons pu effectuer avec succès des inoculations par voie allantoïque à une dilution de $10^{-4}$. Au cours de ces passages, le virus agglutinait à des dilutions plus élevées les globules de Cobaye que les globules de Poulet.

Nous avons démontré également la possibilité d'isoler directement le virus sur la Souris blanche grâce à la technique d'étude du lavage trachéal que nous avons décrite. Nous avons pu préciser ainsi l'origine et la formation des cellules grippales et confirmer la mise en évidence des maladies, dites inapparentes chez cet animal.

Il est important de noter que le furet inoculé avec du liquide de gargarisme ne montra aucun signe d'infection.

Nous avons tenté d'identifier le virus D.48. Son étude, à l'aide des sérums expérimentaux de lapins, a démontré sa non-identité avec les souches classiques A.PR8 ou A.WS et B. Lee.

Dans le sang du malade chez lequel fut isolé ce virus, on put mettre en évidence des anticorps contre la souche D.48 et non contre les souches A.PR8, A.WS et B. Lee. Le Dr Andrewes y décela aussi des anticorps vis-à-vis de la souche A47 isolée en Angleterre. Ces résultats, joints aux premiers examens de sérums d'autres malades que nous avions pratiqués, ne permettent pas de classer cette souche dans le groupe B ni dans le groupe A.PR8, mais de la rapprocher du virus qui provoqua l'épidémie de 1947 en Angleterre.

Nous avons inoculé, par voie nasale, deux jeunes Cercopithèques callitriches (*Cercopithecus sabœus*) : l'un reçut $0^{cm^3},5$ de liquide allantoïque virulent, l'autre la même quantité de ce liquide dilué au 1/10.

Le premier singe fut sacrifié mourant, 40 heures après l'inoculation. L'autopsie révéla des lésions d'origine toxique : foie décoloré, poumons congestionnés avec début d'hépatisation d'un lobe. L'examen microscopique du liquide de lavage bronchique montra la présence, à côté de nombreux polynucléaires, de grandes cellules à noyau central bourrées de petites vacuoles, aspects analogues à ceux que nous avions constatés à l'examen du liquide de lavage trachéal d'un enfant de deux ans, mort brusquement d'œdème aigu du poumon au cours de cette épidémie.

Le deuxième singe fut sacrifié malade, en hypothermie, trois jours après l'inoculation. Le foie était également décoloré et nous avons été frappés par l'aspect du poumon analogue à celui des poumons du Lapin infecté expérimentalement avec les Rickettsies du typhus historique : poumon œdématié, hépatisation lardacée d'un lobe.

Le liquide de lavage bronchique agglutinait au 1/10 les globules rouges de cobaye et contenait de nombreuses cellules grippales typiques. Les frottis du lobe pulmonaire hépatisé contenaient une grande quantité de cellules pulmonaires déformées, vacuolaires, comparables en tous points aux cellules grippales trachéo-bronchiques.

*Conclusions.* — Au cours de l'épidémie actuelle, nous avons isolé, à partir d'un cas de grippe cliniquement incontestable, une souche de virus qui, en raison de ses caractères biologiques et de son action sur l'animal, ne peut pas être rattachée aux groupes des virus A PR 8 ou B. L'inoculation de virus pur au jeune Singe a permis de réaliser expérimentalement une maladie comparable à la grippe foudroyante du nourrisson et du jeune enfant. L'inoculation d'une dilution au 1/10 provoque l'apparition d'une pneumonie lobaire à virus sans infection bactérienne secondaire.

A $15^h 30^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

R. C.